

Trabajo Final de Grado

***LÍNEA AÉREA DE
TRANSPORTE A 130 kV***

**Grado en Ingeniería Eléctrica
Curso 17/18**

Autor: Diego Oswaldo Julca Horna

Director: Abel Simón Díaz

Fecha: Junio de 2018

Localidad: Manresa

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a dios por permitirme haber llegado a este punto de mi vida.

En segundo lugar, me siento en la necesidad de agradecer a mis padres por todo el esfuerzo que han realizado para guiarme por el buen camino hasta el día de hoy.

Finalmente, quiero agradecer a cada profesor y profesora que me he encontrado a lo largo de mi vida, dado que cada uno de ellos, de alguna u otra manera, me ha enseñado algo positivo.

RESUMEN DEL PROYECTO

A partir de la generación de energía eléctrica producida en los parques eólicos situados en Cataluña, surge la necesidad de transportar esta energía a todo el territorio catalán.

Es por ello, que he optado por realizar este proyecto de la creación de una línea aérea de transporte a 130 kV que pueda unir la subestación del parque eólico de Pujalt con la subestación de Cervera, situada en la Cataluña central.

Así pues, en el presente proyecto analizo el recorrido, describo y justifico los elementos, ya sean mecánicos o eléctricos, a utilizar y realizo todos los cálculos obligatorios que establece el Reglamento de Líneas de Alta Tensión.

SUMMARY

From the generation of electrical energy produced in the wind farms located in Catalonia, there is a need to transport this energy throughout the Catalan territory.

That is why I have chosen carry out this project of the creation of a 130 kV overhead power line that can link the Pujalt wind farm substation with the Cervera substation located in central Catalonia.

Therefore, in this project I analyze the route, describe and justify the elements, whether mechanical or electrical, to use, and I perform all the mandatory calculations established by the Regulation of High Voltage Lines.

ÍNDICE

DOCUMENTO I: MEMORIA.....	7
1. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1. Objetivos.....	8
1.2. Reglamentación aplicable.....	8
2. DESCRIPCIÓN GENERAL.....	9
2.1. Descripción del entorno del emplazamiento.....	9
2.2. Características generales.....	12
2.3. Coordenadas de los apoyos.....	18
3. CÁLCULOS.....	20
3.1. Cálculos eléctricos.....	20
3.2. Cálculos mecánicos.....	31
3.3. Puesta a tierra.....	85
3.4. Distancias de seguridad.....	89
DOCUMENTO II: PLANOS.....	92
DOCUMENTO III: PLIEGO DE CONDICIONES.....	113
1. LÍNEA AÉREA.....	114
1.1. Objeto y campo de aplicación.....	114
1.2. Replanteo y medición.....	114
1.3. Ejecución del trabajo.....	114
1.4. Materiales.....	124
1.5. Recepción de obra.....	125
2. CONDICIONES AMBIENTALES Y DE SEGURIDAD Y DE SALUD.....	126
2.1. Condiciones ambientales.....	126
2.2. Condiciones de seguridad y salud.....	127

DOCUMENTO IV: PRESUPUESTO.....	128
1. OBRA CIVIL.....	129
2. APOYOS.....	130
3. CADENAS DE AISLAMIENTO.....	131
4. CABLE DE FASE Y DE TIERRA.....	132
5. PRESUPUESTO GENERAL.....	133
DOCUMENTO V: BIBLIOGRAFÍA.....	134
1. BIBLIOGRAFÍA.....	135

DOCUMENTO I: MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivos

El objeto de este proyecto es el estudio eléctrico y mecánico para poder diseñar la parte aérea de una línea eléctrica de 132 kV de tensión nominal, que intercomunicará la subestación eléctrica del parque eólico de Pujalt y la subestación eléctrica de Cervera.

1.2. Reglamentación aplicable

En la elaboración del presente proyecto se han tenido en cuenta las especificaciones contenidas en:

- Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación (R.D. 3275/1982, 12 noviembre), así como las órdenes de 6 de julio de 1984 y de 18 de octubre de 1984 por las que se aprueban las Instrucciones Técnicas Complementarias, sobre dicho reglamento y sus actualizaciones posteriores.
- Recomendaciones UNESA.
- Normativa nacional (UNE).
- Reglamento Técnico de Líneas Aéreas de Alta Tensión (Real decreto 223/08 del 15 de febrero, publicado en el B.O.E del 19 de marzo de 2008), así como las normas y disposiciones publicadas posteriormente y relacionadas con el citado decreto.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL

2.1. Descripción del entorno del emplazamiento

La siguiente imagen muestra donde estará localizada la línea a realizar.



Figura 1: Comunidad autónoma de Cataluña

La línea aérea de transporte tendrá su ubicación en la comunidad autónoma de Cataluña, en la provincia de Barcelona por lo que respecta a la subestación de Pujalt y en la provincia de Lleida por lo que respecta a la subestación de Cervera.

Todo el recorrido de la línea abarca una zona rural, donde predominan las granjas y la agricultura de secano.

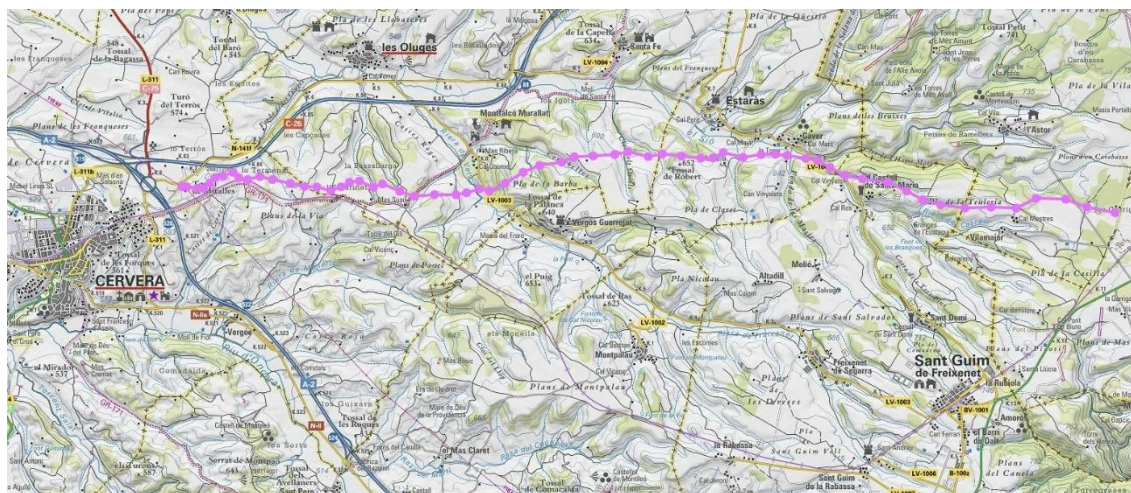


Figura 2: Recorrido de la línea

El recorrido de la línea queda delimitado por las siguientes coordenadas UTM que hemos obtenido con el programa VISSIR del Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña.

		LATITUD	LONGITUD	COORD. X	COORD. Y	COTA (m)
INICIO	SUBESTACIÓN DE PUJALT	41°40'46.3"N	1°26'44.7"E	370.651,80	4.615.379,75	710
FINAL	SUBESTACIÓN DE CERVERA	41°40'50.2"N	1°17'27.0"E	357.743.56	4.615.721,49	563

Tabla 1: Coordenadas de las subestaciones eléctricas de la línea

La línea empieza en la subestación de transformación de Pujalt y finaliza en la subestación de Cervera, como lo plasman las siguientes imágenes recogidas del Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña:



Figura 3: Subestación de transformación de Pujalt



Figura 4: Subestación de transformación de Cervera

El reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión, divide el estudio de las acciones sobre los conductores en tres zonas según la altitud:

ZONA A	La situada a menos de 500 metros de altitud sobre el nivel del mar.
ZONA B	La situada a una altitud entre 500 y 1000 metros sobre el nivel del mar.
ZONA C	La situada a una altitud superior al 1000 metros sobre el nivel del mar.

Tabla 2: Zonas según la altitud del terreno.



Figura 5: Cotas del recorrido de la línea

Si nos fijamos en el gráfico obtenido por el Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña, en todo el recorrido de nuestros 61 posibles vanos, la línea pertenece a la Zona B dado que en ningún momento estamos situados por debajo de los 500 m y tampoco por encima de los 1000m.

2.2. Características generales

La línea eléctrica del presente proyecto es de 132 kV, de doble circuito, tiene su origen en la subestación eléctrica de Pujalt y su final en la subestación eléctrica de Cervera.

Tiene una longitud de unos 13.495 metros y estará compuesta por un número de apoyos igual a 87, de torres metálicas de celosía.

A partir de la lectura de la UNE-EN 50182, hemos decidido que el conductor que se va a emplear es LA-280 Hawk, debido a que es el más óptimo por las características de la línea aérea.

Según la ITC-LAT 07 las tensiones nominales normalizadas de la red, así como los valores correspondientes más elevadas se incluyen en la siguiente tabla:

CATEGORIA DE LA LÍNEA	TENSIÓN NOMINAL DE LA RED (U_n) kV	TENSIÓN MÁS ELEVADA DE LA RED (U_s) kV
TERCERA	3	3,6
	6	7,2
	10	12
	15	17,5
	20*	24
	25	30
	30	36
SEGUNDA	45	52
	66*	72,5
PRIMERA	110	123
	132*	145
	150	170
	220*	245
ESPECIAL	400*	420

Tabla 3: Tensiones nominales y tensiones más elevadas de la red

*Tensiones de uso preferente en redes eléctricas de transporte y distribución.

2.2.1. Característica de la línea

Sistema.....	Corriente alterna trifásica
Frecuencia [Hz].....	50
Tensión nominal [kV].....	132
Tensión más elevada de la red [kV].....	145
Categoría.....	Primera
Potencia a transportar [MVA].....	305
Nº de circuitos.....	2
Nº de conductores por fase.....	1
Nº de cables de tierra.....	1
Nº de apoyos.....	87
Disposición.....	Hexágono
Longitud de la línea [m].....	13 495

2.2.2. Conductor

El conductor seleccionado es el tipo LA-280 Hawk. Las características de este conductor de aluminio-acero según la norma UNE 50182 son las siguientes:

Diámetro cable [mm].....	21,80
Diámetro alma [mm].....	8,04
Sección Al [mm ²].....	241,6
Sección Ac [mm ²].....	39,5
Sección total [mm ²].....	281,1
Carga de rotura [kN].....	84,5
Módulo de elasticidad [N/mm ²].....	73000
Resistencia eléctrica a 20°C [Ω/km].....	0,1195
Composición [nº hilos x diámetro hilos].....	26 x 3,4 + 7 x 2,7 (Aluminio + Acero)
Peso por km [kg/km].....	976,2
Coeficiente de dilatación lineal [1/K].....	18,9 x 10 ⁻⁶

2.2.3. Cable de guarda

Se ha empleado un cable de guarda con fibra óptica cuya función primaria es la de proteger la línea aérea frente a descargas atmosféricas, garantizando una disposición eficaz de las corrientes de cortocircuito. Sus características son las siguientes:

Tipo.....	OPGW48
Material.....	Acero galvanizado-Aluminio
Diámetro completo [mm].....	15
Sección total [mm ²].....	120,2
Masa [kg/km].....	476
Carga de rotura [kN]	61
Módulo de elasticidad [N/mm ²].....	80100
Coeficiente de dilatación lineal [°K ⁻¹].....	18,2·10 ⁻⁶
Resistencia eléctrica a 20°C en DC [Ω/km].....	0,323

2.2.4. Aislamiento

Los aisladores tienen como objetivo principal evitar el paso de corriente del conductor al apoyo. Esto se puede producir por varios factores: por la conductividad de masa a través de la masa del aislador, por conductividad superficial cuando la corriente pasa alrededor de la parte exterior del aislador y por una posible descarga disruptiva a través del aire.

Los aisladores que utilizaremos en esta línea estarán compuestos de vidrio, debido a que sus características son adecuadas para cumplir con su objetivo principal y por sus ventajas tanto económicas como de mantenimiento ya que mediante las inspecciones preventivas periódicas facilitan la detección de grietas antes del fallo total del elemento aislador. Además, protege las partes metálicas de la acción corrosiva del ambiente.

Las características eléctricas del aislador elegido, perteneciente al fabricante La Granja, son las siguientes:

Modelo.....	E-120P-146
Masa aproximada [kg].....	4.8
Carga de rotura o tracción [kN].....	120
Diámetro máximo [mm].....	255
Línea de fuga [mm].....	320
Paso [mm].....	146

Según la ITC-LAT 07, tenemos diferentes niveles de contaminación según la zona:

Nivel de contaminación	Ejemplos de entornos típicos	Línea de fuga específica nominal mínima (mm/kV)
I Ligero	- Zonas agrícolas. - Todas las zonas situadas al menos 10-20 km del mar y que no estén expuestas a vientos directos del mar.	16
II Medio	- Zonas con industrias que no producen humo especialmente contaminante. - Zonas expuestas a vientos desde el mar, pero no muy próximas a la costa.	20
III Fuerte	- Zonas con elevada densidad de industrias. - Zonas cercanas al mar o en cualquier caso, expuestas a vientos relativamente fuertes provenientes del mar.	25
IV Muy fuerte	- Zonas muy próximas a la costa, expuestas a pulverización salina. - Zonas desérticas, expuestas a fuertes vientos,	31

Tabla 4: Niveles de contaminación

El aislamiento de las cadenas de aisladores viene dado por la línea de fuga total de la cadena.

La línea consta de una tensión máxima de la de red (U_s) de 145 kV, y está ubicada en una zona con nivel de contaminación ligero, por ello le corresponde una línea de fuga nominal mínima de 16 mm/kV. Por lo tanto la línea de fuga total es:

$$L_{\text{fuga total}} = U_s \cdot l_{\text{mín.}} = 145 \text{ kV} \cdot 16 \frac{\text{mm}}{\text{kV}} = 2320 \text{ mm}$$

El número de aisladores necesarios resulta:

$$N^{\circ} \text{aisladores} = \frac{\text{Línea de fuga}_{\text{Total}}}{\text{Línea de fuga}_{\text{aislador}}} = \frac{2320 \text{ mm}}{320 \text{ mm}} = 8 \text{ aisladores}$$

Según el apartado 3.4 de la ITC-07 del RLAT, el coeficiente de seguridad mecánico a la rotura del aislador no será inferior a 3, es decir, la carga máxima que debería de soportar el aislador debe ser 3 veces mayor a la máxima esperada. Además, la carga de rotura de la cadena de aisladores debe ser superior a la carga de rotura del conductor.

En el caso de la presente línea, la carga de rotura del conductor es de 84,89 kN y el cable se va a tender con un coeficiente de seguridad de 3,5. Lo que significa que la máxima tracción esperada será de 24,25 kN. Si se aplica el coeficiente de seguridad de 3, resulta una tracción mínima necesaria en la cadena de 72,76 kN.

2.2.5. Herrajes y grapas

Los herrajes, medio de unión del cable conductor con la cadena de aisladores y de ésta el apoyo, están dimensionados mecánicamente para soportar las cargas máximas de los conductores y con los coeficientes de seguridad reglamentarios, siendo su material acero estampado y galvanizado en caliente como medio de protección anticorrosiva, y estando de acuerdo con las normas UNE 21.158.

La grapa de compresión está compuesta por un manguito doble, de aluminio y otro de acero, que se comprimen con el cable.

Los diferentes herrajes de las cadenas de aisladores de los apoyos de 132 kV y de los conjuntos para cable de tierra tienen una carga de rotura de 120 kN.

Los conjuntos de cadenas empleadas en la línea son de suspensión y de amarre, tipo SSS1R132C y ASS1R132C para el conductor.

Según establece el artículo 28 del R.L.A.T, los herrajes sometidos a tensión mecánica por los conductores y cables de tierra, o por los aisladores, deberán tener un coeficiente de seguridad mecánica no inferior a 3 respecto a su carga mínima de rotura. A continuación lo comprobamos.

En condiciones normales tenemos:

Peso de una fase, con vano máximo de 286 m $2 \cdot 9,576 \text{ N/m} \cdot 286 \text{ m} = 5477,77 \text{ N}$

Sobrecarga de hielo, con vano máximo de 286 m $2 \cdot 0,18\sqrt{21,8} \cdot 286 \text{ m} = 4807,25 \text{ N}$

Peso de 8 aisladores $4,8 \text{ kg} \cdot 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 8 = 376,32 \text{ N}$

Suma de los herrajes $12 \text{ kg} \cdot 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 117,6 \text{ N}$

Suma total 10779 N

El coeficiente de seguridad mínimo será:

$$C.S = \frac{120000 \text{ N}}{10779 \text{ N}} = 11 > 3$$

Tenemos un coeficiente de seguridad superior a 3, por lo tanto cumplimos el artículo 28 del R.L.A.T.

2.2.6 Apoyos

Los apoyos que se instalarán pertenecen al fabricante IMEDEXSA, y el tipo escogido varía según las solicitudes de cada apoyo. En concreto se han escogido apoyos tipo Cóndor 3000/5000/7000/12000/18000 ya que son los que más se ajusta tanto a los esfuerzos que sufrirán las cabezas, como las alturas de seguridad requeridas por el reglamento en la ITC-07.

2.3 Coordenadas de los apoyos

APOYO	VANO (m)	EASTING	NORTHING	COTA (m)	OBSERVACIONES
1	207	1.445984	41.679596	710	SUB.EST.PUJALT
2	192	1.443540	41.679919	701	
3	142	1.441262	41.680212	695	
4	170	1.439657	41.680634	690	
5	183	1.437722	41.681166	686	
6	225	1.435528	41.681184	689	
7	175	1.432810	41.681203	683	
8	126	1.430926	41.680464	682	
9	186	1.429566	41.679945	706	
10	164	1.427337	41.679980	705	
11	217	1.425372	41.680012	703	
12	144	1.422759	41.679897	697	
13	159	1.421027	41.679837	696	
14	176	1.419122	41.679982	685	
15	137	1.417015	41.680158	668	
16	122	1.415422	41.680476	661	
17	136	1.413991	41.680744	671	
18	118	1.412572	41.681310	680	
19	149	1.411298	41.681824	677	
20	141	1.409663	41.682351	660	
21	180	1.408100	41.682888	652	
22	167	1.405921	41.683056	645	
23	121	1.403946	41.683217	630	
24	129	1.402525	41.683387	623	
25	101	1.400993	41.683618	620	
26	128	1.399853	41.684034	619	
27	91	1.398459	41.684555	617	
28	107	1.397511	41.684965	605	
29	166	1.396395	41.685409	598	
30	118	1.394418	41.685651	594	

31	143	1.393021	41.685812	594	
32	164	1.391322	41.685977	594	
33	198	1.389385	41.686085	594	
34	252	1.387008	41.686016	596	
35	283	1.384026	41.685623	588	
36	157	1.380695	41.686193	583	
37	172	1.379061	41.685499	619	
38	268	1.376983	41.685443	612	
39	149	1.373796	41.685660	637	
40	120	1.372015	41.685777	622	
41	198	1.370616	41.685856	608	
42	286	1.368273	41.685510	602	
43	191	1.364903	41.686061	589	
44	164	1.362669	41.685678	607	
45	136	1.360717	41.685560	635	
46	125	1.359109	41.685451	623	
47	135	1.357615	41.685378	631	
48	189	1.355983	41.685312	632	
49	168	1.353914	41.684598	592	
50	142	1.351922	41.684358	597	
51	136	1.350237	41.684142	606	
52	109	1.348732	41.683659	585	
53	169	1.347532	41.683259	598	
54	120	1.345829	41.682430	593	
55	118	1.344610	41.681845	621	
56	131	1.343343	41.681354	585	
57	137	1.341933	41.680821	550	Paso carretera LV-1003
58	186	1.340316	41.681079	538	
59	147	1.338197	41.680566	538	
60	168	1.336459	41.680287	567	
61	132	1.334444	41.680269	581	
62	150	1.332849	41.680255	593	
63	132	1.331054	41.680120	575	
64	206	1.329459	41.680005	585	
65	136	1.327101	41.680588	596	
66	125	1.325593	41.681052	593	
67	137	1.324204	41.681473	590	
68	213	1.322693	41.680996	575	
69	140	1.320342	41.681770	582	
70	135	1.318698	41.681591	580	
71	152	1.317323	41.680996	580	
72	200	1.315630	41.680483	587	

73	172	1.313285	41.680928	583	
74	197	1.311230	41.680957	589	
75	254	1.308917	41.681301	579	
76	180	1.305917	41.681732	560	
77	171	1.303796	41.682083	566	
78	127	1.301806	41.681687	569	
79	112	1.300305	41.681892	568	
80	146	1.299348	41.682522	571	
81	111	1.297711	41.682077	573	
82	112	1.296407	41.681850	574	
83	109	1.295465	41.681131	578	
84	92	1.294492	41.680462	575	
85	151	1.293443	41.680478	574	
86	65	1.291646	41.680640	572	
87	-	1.290879	41.680640	563	SUB.EST. CERVERA

Tabla 5: Coordenadas de los apoyos

3. CÁLCULOS

3.1. Cálculos eléctricos

Una línea de transporte está caracterizada por diferentes parámetros repartidos a lo largo de su longitud.

El estudio de estos parámetros es esencial tanto desde el punto de vista del diseño como para el desarrollo de los modelos de la línea de transporte utilizados en el análisis de sistemas de energía eléctrica.

3.1.1. Resistencia

El valor de la resistencia del conductor, por unidad de longitud y en función de la temperatura se calcula:

$$R_{\theta} = R'_{\theta} \cdot (1 + \gamma_s)$$

R_{θ} = Resistencia del conductor con corriente alterna a la temperatura θ °C [Ω/km]

R'_{θ} = Resistencia del conductor con corriente continua a la temperatura θ °C [Ω/km]

γ_s = Factor de efecto pelicular

Como se aprecia en la ecuación, el valor de la resistencia en corriente alterna es mayor que en corriente continua. Esto se debe al efecto pelicular, el cual hace que haya unas densidades de corriente en la corona externa mayores que en el interior del conductor.

El cálculo del factor de efecto pelicular se realiza según la teoría de Kelvin, siguiendo la siguiente ecuación:

$$Y_s = \frac{(x_s^2)^2}{192 + (0,8 \cdot (x_s^2)^2)}$$

Donde:

$$x_s^2 = \frac{8 \cdot \pi \cdot f \cdot 10^{-4}}{R'_\theta}$$

f = frecuencia (50 Hz)

R'_θ = Resistencia del conductor con corriente continua a la temperatura $\theta^\circ\text{C}$ [Ω/km]

El valor de la resistencia por unidad de longitud en corriente continua a temperatura θ viene dada por la ecuación:

$$R'_\theta = R'_{20} \cdot [1 + \alpha_{20}(\theta - 20)]$$

R'_θ = Resistencia del conductor con corriente continua a la temperatura $\theta^\circ\text{C}$ [Ω/km]

R'_{20} = Resistencia del conductor con corriente continua a la temperatura 20°C [Ω/km]

α_{20} = Coeficiente de dilatación lineal a 20°C

θ = Temperatura de servicio [$^\circ\text{C}$]

Teniendo en cuenta lo definido previamente, y que el valor de la resistencia del conductor a 20°C en corriente continua es:

$$R'_{20} = 0,1195 \Omega/\text{km}$$

Se han obtenido las siguientes resistencias para nuestra línea de doble circuito:

Temperatura [$^\circ\text{C}$]	R' [Ω/km]	$(x_s^2)^2$	Y_s	R [Ω/km]	R _{TOTAL} [Ω]
20	0,1195	1,105818669	0,005733057	0,06009255	0,81095
50	0,119567757	1,104565736	0,005726591	0,060126236	0,81140
75	0,11962422	1,103523251	0,005721211	0,060154308	0,81178
85	0,119646806	1,103106671	0,005719061	0,060165536	0,812

Tabla 6: Resistencias a diferentes temperaturas

3.1.2. Reactancia

En un conductor recorrido por una corriente alterna y sinusoidal se crea una fuerza electromagnética proporcional a la velocidad de la variación de la corriente, cuyo efecto es el de originar la dificultad al paso de la corriente. Dicho efecto se cuantifica con la reactancia; la reactancia por kilómetro, X_k , se calcula:

$$X_k = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_k$$

Donde L_k es el coeficiente de inducción mutua por kilómetro:

$$L_k = \frac{1}{m} \cdot \left(\frac{\mu}{2n} + 4,605 \cdot \log \frac{DMG}{r_{eq}} \right) \cdot 10^{-4}$$

L_k : Coeficiente de autoinducción por kilómetro [H/km]

μ : Permeabilidad magnética del conductor; $\mu=1$ en el caso de conductores de aluminio-acero

n : Número de conductores por fase

m : Número de circuitos

DMG : Distancia media geométrica entre ejes de fases [mm]

r_{eq} : Radio, o radio equivalente en el caso de más de un conductor por fase [mm]

La distancia media geométrica, DMG , depende de la cabeza del apoyo y se calcula de la siguiente forma en el caso de la presente línea:

$$DMG = \sqrt[3]{D_1 \cdot D_2 \cdot D_3}$$

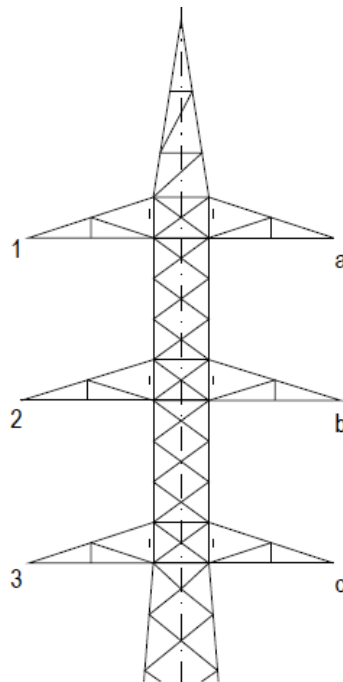
Donde:

$$D_1 = \frac{\sqrt[3]{d_{12} \cdot d_{1b} \cdot d_{13} \cdot d_{1c}}}{d_{1a}}$$

$$D_2 = \frac{\sqrt[3]{d_{21} \cdot d_{2a} \cdot d_{23} \cdot d_{2c}}}{d_{2b}}$$

$$D_3 = \frac{\sqrt[3]{d_{31} \cdot d_{3a} \cdot d_{32} \cdot d_{3b}}}{d_{3c}}$$

d_{jk} : representa las distancias entre los ejes de los conductores según la siguiente figura:



Con la configuración de la imagen anterior, se obtienen los siguientes resultados:

$d_{12}=d_{23}$ [mm]	$d_{13}=d_{2b}$ [mm]	$d_{1a}=d_{3c}$ [mm]	$d_{1b}=d_{2a}=d_{2c}=d_{3b}$ [mm]	$d_{1c}=d_{3a}$ [mm]
5670	11200	9400	11723,91	14621,9

D1 [mm]	D2 [mm]	D3 [mm]	DMG [mm]	r [mm]
11099,69	5935,23	11099,69	9009,2	10,9

Para los dos circuitos de la presente línea tenemos:

Coeficiente de auto inducción [H/km]	6,97E-04
Reactancia [Ω/km]	0,2189
Reactancia TOTAL [Ω]	2.954

Tabla 7: Reactancia

3.1.3. Conductancia

Si el aislamiento del conductor fuera perfecto, no habría corriente alguna entre los conductores y el apoyo. Al no ser perfecto, aparece esa corriente que circula por la superficie del aislador y con ella unas pérdidas. La conductancia por kilómetro, G_k , se calcula:

$$G_k = \frac{p}{U^2} \cdot 10^{-3}$$

p: Pérdida de potencia que se produciría en cada fase de la línea [kW/km].

En tiempo húmedo: p= de 1 a 3W

En tiempo seco: p= de 5 a 20W

U: Diferencia de potencial entre conductor y tierra [kV]

	Conductancia [$\mu\text{S}/\text{km}$]	Conductancia _{TOTAL} [μS]
Tiempo húmedo	1,72E-07	2,32E-06
Tiempo seco	1,15E-06	1,55E-05

Tabla 8: Conductancia

Podemos apreciar que los valores resultantes son muy próximos a cero, por lo tanto vamos a considerarlos cero para tener más exactitud en posteriores cálculos.

3.1.4. Capacidad

La capacidad por unidad de longitud viene dada por la expresión:

$$C_k = \frac{0,0242}{\log \frac{DMG}{r_{eq}}} \cdot 10^{-6}$$

DMG: Distancia media geométrica

r_{eq} : Radio equivalente

Los resultados para la línea son:

Capacidad [F/km]	8,30E-09
Capacidad _{TOTAL} [F]	1,12E-07

Tabla 9: Capacidad

3.1.5. Susceptancia

La susceptancia de una línea por unidad de longitud y por fase se calcula:

$$B_k = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_k$$

f: frecuencia de la red (50 Hz)

C_k: Capacidad por unidad de longitud [F/km]

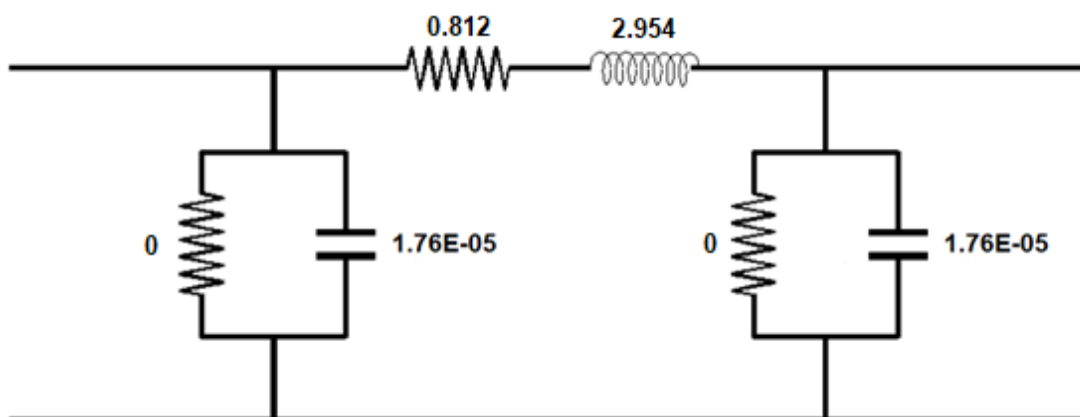
Los resultados para la línea son:

Susceptancia [S/km]	2,61E-06
Susceptancia _{TOTAL} [S]	3,52E-05

Tabla 10: Susceptancia

3.1.6. Equivalente en π de la línea

A partir de los parámetros calculados anteriormente se puede establecer un modelo equivalente de la línea para su explotación en régimen permanente según se muestra en la figura:



Tenemos una impedancia total de: $Z = R_k + j \cdot X_k = 0,812 + j \cdot 2,954 = 3,064_{74,63^\circ} \Omega$

Tenemos una admitancia total de: $Y = G_k + j \cdot B_k = 0 + j \cdot 3,52 \cdot 10^{-5} = 3,52 \cdot 10^{-5}_{90^\circ} S$

3.1.7. Caída de tensión

La caída de tensión se calcula de la siguiente manera:

$$\Delta U(\%) = \frac{P \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot \tan \varphi)$$

ΔU : Caída de tensión [%]

X: Reactancia por fase, por kilómetro [Ω /km]

R: Resistencia por fase, por kilómetro [Ω /km]

φ : Ángulo de fase

L: Longitud de la línea [km]

P: Potencia a transportar [kW]

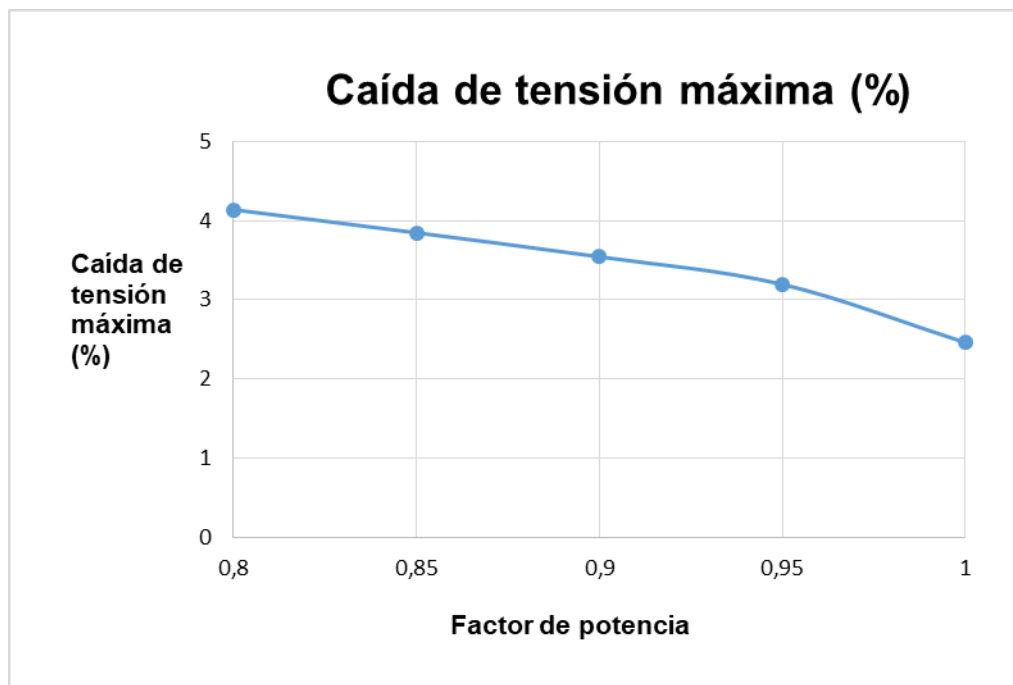
U: Tensión nominal [kV]

A continuación se muestran los máximos valores (máxima potencia transmisible) de caída de tensión para distintos factores de potencia:

Cos φ	Caída de tensión máxima [%]
0,8	4,13
0,85	3,84
0,9	3,54
0,95	3,19
1	2,45

Tabla 11: Caídas de tensión a diferentes Cos φ

Gráficamente:



3.1.8. Potencia máxima de transporte

La potencia máxima de transporte se calcula de la siguiente manera:

$$P = n \cdot \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{m\acute{a}x} \cdot \cos \varphi$$

n: Número de circuitos

$I_{m\acute{a}x}$: Intensidad máxima [A]

$\cos \varphi$: Factor de potencia

Donde la intensidad máxima se calcula a partir de la densidad de corriente máxima. La densidad máxima de corriente para cada conductor en régimen permanente de corriente alterna y 50Hz se deduce a partir de la tabla 11 de densidades máximas de corriente del apartado 4.2.1 de la ITC-07 del RLAT.

En dicho apartado se indica que para conductores de aluminio-acero se debe tomar en la tabla el valor de la densidad de corriente correspondiente a su sección total como si fuera de aluminio, multiplicando el valor por un coeficiente de reducción que depende de la composición. En este caso, al tratarse de un LA-280 Hawk, el coeficiente es de 0,95.

La sección de la presente línea corresponde a una densidad de:

$$\sigma_{max} = 2,15 \text{ A/mm}^2$$

Una vez obtenida la densidad de corriente máxima, la máxima intensidad que puede circular por el cable se calcula como el producto de la sección total por la densidad de corriente máxima:

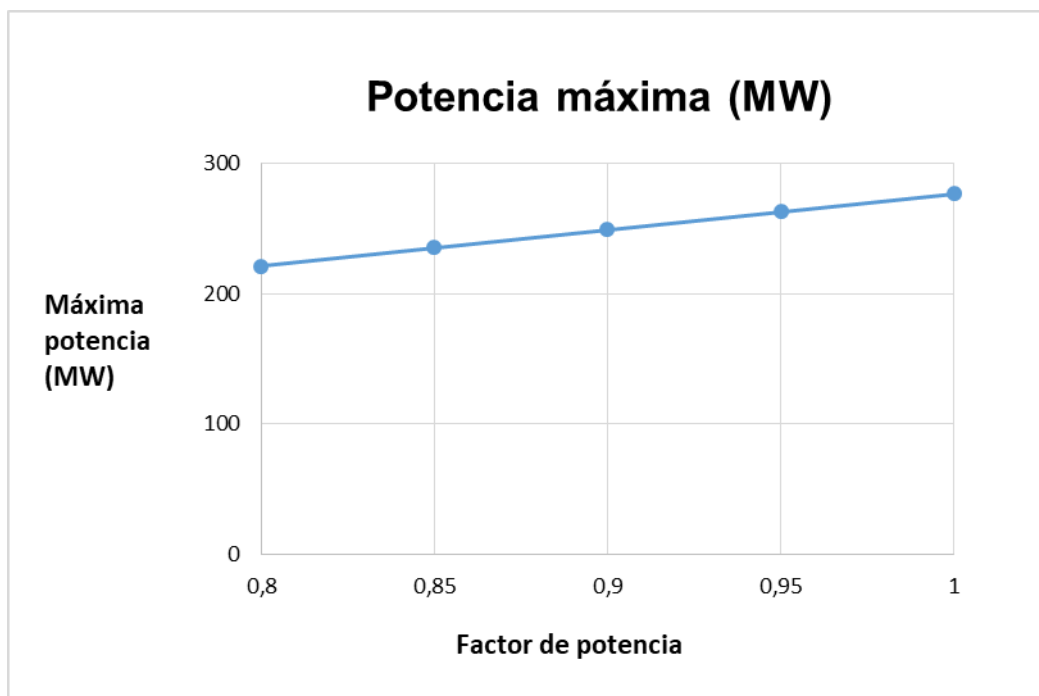
$$I_{max} = S \cdot \sigma_{max} = 604,36 \text{ A}$$

A continuación, se muestra la potencia máxima de transporte de cada circuito según el factor de potencia:

Cos φ	Potencia máxima (MW)
0,8	221,08
0,85	234,9
0,9	248,72
0,95	262,54
1	276,36

Tabla 12: Potencia máxima a diferentes Cos φ

Gráficamente:



3.1.9. Efecto corona

Si un conductor de una línea eléctrica adquiere un potencial lo suficientemente elevado como para superar la rigidez dieléctrica del aire, éste pierde su capacidad aislante al quedar ionizado, pasando a conducir corrientes de fuga. Es decir, el aire se hace conductor y en casos de oscuridad, este efecto se puede apreciar visualmente y auditivamente.

Debido a esto, y a las pérdidas que se generan, hay que evitar este efecto, vigilando la tensión crítica disruptiva (tensión a la cual el gradiente del campo eléctrico es igual a la rigidez dieléctrica del aire), U_c :

$$U_c = 86 \cdot m_c \cdot \delta \cdot m_t \cdot r_{eq} \cdot \log\left(\frac{DMG}{r_{eq}}\right)$$

m_c : Coeficiente de rugosidad del conductor, cuyo valor es (0,85-0,87) para cables formados por hilos.

m_t : Coeficiente de meteorológico, cuyo valor es:

$m_t = 1$ para tiempo seco.

$m_t = 0,8$ para tiempo húmedo.

r_{eq} : radio equivalente del conductor [cm]

δ : Factor de corrección de la densidad del aire:

$$\delta = \frac{3,921 \cdot h}{273 + \theta}$$

h : Presión barométrica en centímetros columna de mercurio.

θ : Temperatura en grados centígrados, correspondiente a la altitud del punto que se considere.

Para calcular la presión barométrica se recurre a la fórmula de Halley:

$$\log h = \log 76 - \frac{y}{18336}$$

$$h = \frac{76}{10^{\frac{y}{18336}}}$$

En el caso de la presente línea, se ha empleado una altura de 710 m, por ser la más desfavorable. Operando, resulta:

$$h = \frac{76}{10^{\frac{710}{18336}}} = 69,517 \text{ cm (Hg)}$$

El factor de corrección de la densidad del aire depende de la temperatura, por ello se ha calculado para las temperaturas extremas esperadas en la zona:

- Temperatura máxima: 40°C

- Temperatura mínima: -10°C

Los factores de corrección de la densidad del aire resultan:

$$\delta_{\max} = \frac{3,921 \cdot 69,517}{273 + 40} = 0,871$$

$$\delta_{\min} = \frac{3,921 \cdot 69,517}{273 + (-10)} = 1,03$$

Las tensiones críticas disruptivas máxima y mínima para tiempo húmedo (pues es la condición más desfavorable) son las que se muestran en la siguiente tabla:

Tensión crítica disruptiva U_c	Para T = 40°C	Para T = -10°C
	161,97 kV	191,53 kV

Tabla 13: Tensión crítica disruptiva a diferentes T

En ningún caso la tensión más elevada de la línea (145 kV) es superior a las tensiones críticas disruptivas calculadas. Por lo tanto, se puede afirmar que no se produce efecto corona en la presente línea. Consecuentemente, no tendremos ninguna pérdida por este efecto.

3.1.10. Pérdida de potencia y rendimiento

Para la línea actual, doble circuito simple LA-280 Hawk y un $\cos \varphi = 0,9$ (el más común). Tenemos una pérdida de transporte de:

$$P_k(\%) = \frac{100 \cdot R_k \cdot P}{U^2 \cdot \cos^2 \varphi} = \frac{100 \cdot 0,06016 \cdot 248,72}{132^2 \cdot 0,9^2} = 0,106 \%$$

Aplicando la longitud de nuestra línea:

$$P_{13,495}(\%) = 0,106\% \cdot 13,495 \text{ km} = 1,43 \%$$

En valor absoluto:

$$P_{13,495} = 1,43\% \cdot 248,72 \text{ MW} = 3,56 \text{ MW}$$

Potencia máxima por límite térmico:

$$P_{m\acute{a}x} = I_{m\acute{a}x} \cdot \sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi = (604,36 \text{ A} \cdot 2) \cdot \sqrt{3} \cdot 132000 \text{ V} \cdot 0,9 = 248,72 \text{ MW}$$

La $I_{m\acute{a}x}$ se calculó anteriormente a partir de la densidad de corriente facilitada por el apartado 4.2.1 de la ITC-07 del RLAT y en este caso se multiplica por los 2 circuitos existentes.

Rendimiento de la línea:

$$\eta(\%) = \frac{(Pot.Total - Pot.Perdida)}{Pot.Total} \cdot 100 = \frac{(248,72 \text{ MW} - 3,56 \text{ MW})}{248,72 \text{ MW}} \cdot 100 = 98.57 \%$$

3.2. Cálculos mecánicos

3.2.1. Cálculo de cables

3.2.1.1. Acciones a considerar

El cálculo mecánico de conductores se realizará bajo la acción de las cargas y sobrecargas que se indican a continuación:

- Carga permanente: carga vertical debida al propio peso de los conductores, que hace que el conductor forme una curva entre cada par de apoyos, originando una flecha máxima para cada vano.
- Los cambios de temperatura provocan que el cable se contraiga o se dilate, consecuentemente también lo harán las flechas y tracciones. La variación de longitud entre dos temperaturas diferentes se calcula:

$$L_1 - L_2 = L_0 \cdot \alpha \cdot (\theta_1 - \theta_2)$$

L_0 : Longitud del cable a 0°C [m]

θ : Temperatura considerada [°C]

α : Coeficiente de dilatación lineal [°C⁻¹]

3.2.1.2. Límite estático

El límite estático de tracción máxima admisible lo limita la carga de rotura. El RLAT impone un coeficiente de seguridad mayor o igual a 3, en este caso se ha optado por aplicar un coeficiente de seguridad igual a 3,5. Por lo tanto la tracción máxima admisible será:

$$\frac{84500 \text{ N}}{3,5} = 24142,86 \text{ N} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{9,81 \text{ N}} = 2461 \text{ kg}$$

En el caso del cable de guarda se ha optado por imponer un coeficiente de seguridad igual a 3, resultando una tracción máxima de:

$$\frac{61000 \text{ N}}{3} = 20333,33 \text{ N} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{9,81 \text{ N}} = 2072,7 \text{ kg}$$

Por requerimientos de la zona en la que se encuentra la línea, el RLAT obliga a considerar tres hipótesis a la hora de realizar el cálculo mecánico: sobrecarga de hielo, sobrecarga de viento y sobrecarga de hielo más viento.

ZONA B			
Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga viento	Sobrecarga hielo Manguito de hielo: (0,18·√d)
Tracción máxima viento	-10	120 km/h	No se aplica
Tracción máxima hielo	-15	No se aplica	0,84 daN/m
Tracción máxima hielo + viento	-15	60 km/h	0,84 daN/m

Tabla 14: Hipótesis Zona B

Sobrecarga debida al viento: un cable aéreo tendido entre dos apoyos se ve expuesto a la acción del viento que incide sobre él. Dicha acción se expresa en daN/m y se calcula:

Para conductores de $D \leq 16$ mm: $P_v = 0,06 \cdot D$

Para conductores de $D > 16$ mm: $P_v = 0,05 \cdot D$

D: diámetro del cable [mm]. En hipótesis de viento + hielo se suma 2 veces el valor del manguito de hielo.

La resultante del peso se calcula aplicando el teorema de Pitágoras:

$$P_{TV} = \sqrt{P_{cable}^2 + P_{Viento}^2}$$

Sobrecarga debida al hielo: la línea está situada en zona B, por lo tanto hay que tener en cuenta la acción del hielo sobre los conductores pues el hielo va a incrementar la flecha máxima. Según el RLAT, la sobrecarga del hielo en zona B se calcula:

$$P_h = 0,18 \cdot \sqrt{d}$$

P_h : Sobrecarga debida al hielo [daN/m]

d: diámetro del conductor [mm]

El manguito de hielo se aísla de la siguiente formula:

$$P_h = \rho \cdot \pi \cdot e \cdot (d + e)$$

P_h : Sobrecarga debida al hielo [daN/m]

ρ : Peso volumétrico específico del hielo de valor 750 daN/m³

d: Diámetro del cable [m]

e: Manguito de hielo [m]

En este caso, el peso resultante se calcula:

$$P_{TH} = P_h + P_{cable}$$

3.2.1.3. Límite dinámico

Según el apartado 3.2.2 de la ITC-07, para calcular las tracciones mecánicas de los conductores y cables de guarda deben tenerse en cuenta posibles fenómenos vibratorios que pueden acortar la vida útil de los componentes. Por ello, se recomienda que la tracción a 15°C debe permanecer entre los valores del 15% y el 22% de la carga de rotura.

3.2.1.4. Flecha máxima de conductores y cables de guarda

Según el apartado 3.2.3 de la ITC-07 del RLAT, se determinará la flecha máxima de conductores y cables de tierra en las siguientes hipótesis:

HIPÓTESIS DE VIENTO: Se tendrá en cuenta el propio peso del cable y una sobrecarga de viento bajo una temperatura de 15°C.

HIPÓTESIS DE HIELO: Se tendrá en cuenta el peso del cable y una sobrecarga de hielo, pero bajo una temperatura de 0°C.

HIPÓTESIS DE TEMPERATURA: Se tendrá en cuenta la acción del propio peso del cable bajo una temperatura de 85°C.

3.2.1.5. Tablas resultantes según las hipótesis

A continuación se muestran las tablas de resultantes tanto del conductor como del cable de guarda, para las distintas hipótesis:

Hipótesis	Temperatura (°C)	Peso propio conductor (daN/m)	Sobrecarga hielo		Sobrecarga viento		Resultantes (daN/m)
			Manguito hielo (mm)	Sobrecarga Hielo (daN/m)	Velocidad viento (km/h)	Sobrecarga viento (daN/m)	
Tracción máxima viento	-10	0,957	-	-	120	1,09	1,45
Tracción máxima hielo	-15	0,957	10,9	0,84	-	-	1,80
Tracción máxima hielo + viento	-15	0,957	10,9	0,84	60	0,55	1,88

Tabla 15: Tabla de hipótesis para el conductor LA-280 Hawk

Tenemos como peor hipótesis hielo + viento, con una sobrecarga de:

$$1,88 \frac{daN}{m} \cdot 10 \frac{N}{1 daN} \cdot 1 \frac{kg}{9,81 N} = 1,92 kg/m$$

Hipótesis	Temperatura (°C)	Peso propio conductor (daN/m)	Sobrecarga hielo		Sobrecarga viento		Resultantes (daN/m)
			Manguito hielo (mm)	Sobrecarga Hielo (daN/m)	Velocidad viento (km/h)	Sobrecarga viento (daN/m)	
Tracción máxima viento	-10	0,467	-	-	120	0,91	1,02
Tracción máxima hielo	-15	0,467	11,29	0,7	-	-	1,17
Tracción máxima hielo + viento	-15	0,467	11,29	0,7	60	0,57	1,30

Tabla 16: Tabla de resultantes para el cable de guarda OPG

Tenemos como peor hipótesis hielo + viento, con una sobrecarga de:

$$1,30 \frac{daN}{m} \cdot 10 \frac{N}{1 daN} \cdot 1 \frac{kg}{9,81 N} = 1,33 kg/m$$

3.2.1.6. Cálculo de los vanos reguladores

Para calcular las flechas máximas y mínimas se necesita utilizar el vano de regulador de cada cantón. Así pues, recordando que un cantón es un conjunto de vanos en el cual los vanos de los extremos están fijados al apoyo mediante grapas y los vanos intermedios están suspendidos, pasaremos a calcular cada vano regulador con la siguiente fórmula:

$$a_r = \sqrt{\left(\frac{\sum a_i^3}{\sum a_i}\right)}$$

a_r : Vano regulador [m]

a_i : longitud vanos del cantón [m]

CANTÓN	APOYO	VANO (m)	VANO REGULADOR (m)
1	1	207	186,47
	2	192	
	3	142	
	4	170	
2	5	183	176,86
	6	225	
3	7	175	204,63
	8	126	
4	9	186	182,43
	10	164	
	11	217	
	12	144	
5	13	159	156,20
	14	176	
	15	137	
	16	122	
6	17	136	132,97
	18	118	
	19	149	
	20	141	
7	21	180	141,19
	22	167	
	23	121	
	24	129	
	25	101	
	26	128	

	27	91	
	28	107	
8	29	166	139,33
	30	118	
	31	143	
	32	164	
9	33	198	238,07
	34	252	
	35	283	
	36	157	
10	37	172	176,76
	38	268	
	39	149	
	40	120	
	41	198	
	42	286	
11	43	191	252,29
	44	164	
12	45	136	155,41
	46	125	
	47	135	
	48	189	
	49	168	
13	50	142	148,62
	51	136	
	52	109	
	53	169	
	54	120	
	55	118	
	56	131	
	57	137	
	58	186	
	59	147	
	60	168	
	61	132	
	62	150	
	63	132	
14	64	206	169,12
	65	136	
	66	125	
15	67	137	181,92
	68	213	

	69	140	
	70	135	
	71	152	
	72	200	
	73	172	
	74	197	
	75	254	
	76	180	
	77	171	
	78	127	
	79	112	
16	80	146	123,11
	81	111	
	82	112	
	83	109	
17	84	92	117,85
	85	151	
	86	65	
	87	-	

Tabla 17: Vanos reguladores

3.2.1.7. Cálculo de flechas y tracciones

Una vez definida la peor condición de sobrecarga, y teniendo en cuenta la máxima tracción del cable, se calculan las tracciones en las demás condiciones aplicando la ecuación de cambio de condiciones, que viene dada por la expresión:

$$t_1^2 * (t_1 + k + \lambda * E * (\theta_1 - \theta_0)) = a^2 * w^2 * \frac{E}{24} * m_1^2$$

t_1 : tracción máxima admisible en la hipótesis a calcular

m_1 : coeficiente sobrecarga de la hipótesis a calcular

λ : Coeficiente de dilatación lineal

E: módulo elástico

w: peso por metro y por mm² estado inicial

$\theta_1 - \theta_2$: diferencia de temperaturas

a: vano regulador

La variable k se calcula de la siguiente manera:

$$k = -t_0 + \left(a^2 * m_0^2 * w^2 * \frac{E}{24 * t_0^2} \right)$$

t_0 : tracción máxima admisible del estado inicial

m_0 : coeficiente sobrecarga estado inicial

A partir de las tracciones resultantes utilizando la ecuación de cambio de condiciones, el cálculo de la flecha se calcula con la siguiente fórmula:

$$f = \frac{a^2 \cdot P}{8 \cdot T}$$

P: coeficiente de sobrecarga

T: tracción máxima admisible

Así pues, tal y como marca el apartado 3.2.3 de la ITC-07 del RLAT, se procede a aplicar las ecuaciones mencionadas anteriormente para obtener las tracciones y flechas resultantes de cada hipótesis, tanto del cable conductor como del cable de guarda:

Cantón: 1

Conductor LA-280 Hawk

Vano regulador: 186,47 m

Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga (kg/m)	Tracción resultante (kg)	Tracción respecto la carga de rotura (%)	Flecha (m)
viento	15	1,48	1762	20,46%	3,65
Temperatura	85	0,975	840,5	9,76%	5,04
Hielo	0	1,83	2171,5	25,21%	3,67

Tabla 18: Tracción y flecha del conductor para el cantón 1

Cable de guarda OPGW48

Vano regulador: 186,47 m

Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga (kg/m)	Tracción resultante (kg)	Tracción respecto la carga de rotura (%)	Flecha (m)
viento	15	1,02	1601	25,75%	2,77
Temperatura	85	0,467	867	13,94%	2,39
Hielo	0	1,19	1824	29,33%	2,84

Tabla 19: Tracción y flecha del cable de guarda para el cantón 1

Cantón: 2

Conductor LA-280 Hawk

Vano regulador: 176,86 m

Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga (kg/m)	Tracción resultante (kg)	Tracción respecto la carga de rotura (%)	Flecha (m)
viento	15	1,48	1753	20,35%	3,30
Temperatura	85	0,975	818	9,50%	4,66
Hielo	0	1,83	2160	25,08%	3,32

Tabla 20: Tracción y flecha del conductor para el cantón 2

Cable de guarda OPGW48

Vano regulador: 176,86 m

Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga (kg/m)	Tracción resultante (kg)	Tracción respecto la carga de rotura (%)	Flecha (m)
viento	15	1,02	1602	25,76%	2,49
Temperatura	85	0,467	855	13,75%	2,18
Hielo	0	1,19	1822,5	29,31%	2,56

Tabla 21: Tracción y flecha del cable de guarda para el cantón 2

Cantón: 3

Conductor LA-280 Hawk

Vano regulador: 204,63 m

Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga (kg/m)	Tracción resultante (kg)	Tracción respecto la carga de rotura (%)	Flecha (m)
viento	15	1,48	1777,5	20,64%	4,36
Temperatura	85	0,975	879,7	10,21%	5,80
Hielo	0	1,83	2190,2	25,43%	4,39

Tabla 22: Tracción y flecha del conductor para el cantón 3

Cable de guarda OPGW48

Vano regulador: 204,63 m

Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga (kg/m)	Tracción resultante (kg)	Tracción respecto la carga de rotura (%)	Flecha (m)
viento	15	1,02	1598	25,70%	3,34
Temperatura	85	0,467	887,5	14,27%	2,81
Hielo	0	1,19	1826	29,37%	3,42

Tabla 23: Tracción y flecha del cable de guarda para el cantón 3

Cantón: 4

Conductor LA-280 Hawk

Vano regulador: 182,43 m

Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga (kg/m)	Tracción resultante (kg)	Tracción respecto la carga de rotura (%)	Flecha (m)
viento	15	1,48	1758,6	20,42%	3,50
Temperatura	85	0,975	831	9,65%	4,88
Hielo	0	1,83	2167	25,16%	3,52

Tabla 24: Tracción y flecha del conductor para el cantón 4

Cable de guarda OPGW48

Vano regulador: 182,43 m

Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga (kg/m)	Tracción resultante (kg)	Tracción respecto la carga de rotura (%)	Flecha (m)
viento	15	1,02	1601,5	25,76%	2,65
Temperatura	85	0,467	862	13,86%	2,30
Hielo	0	1,19	1823,3	29,32%	2,72

Tabla 25: Tracción y flecha del cable de guarda para el cantón 4

Cantón: 5

Conductor LA-280 Hawk

Vano regulador: 156,2 m

Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga (kg/m)	Tracción resultante (kg)	Tracción respecto la carga de rotura (%)	Flecha (m)
viento	15	1,48	1731	20,10%	2,61
Temperatura	85	0,975	763,8	8,87%	3,89
Hielo	0	1,83	2134,2	24,78%	2,62

Tabla 26: Tracción y flecha del conductor para el cantón 5

Cable de guarda OPGW48

Vano regulador: 156,2 m

Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga (kg/m)	Tracción resultante (kg)	Tracción respecto la carga de rotura (%)	Flecha (m)
viento	15	1,02	1605,7	25,82%	1,94
Temperatura	85	0,467	825,4	13,27%	1,76
Hielo	0	1,19	1819,7	29,26%	2,00

Tabla 27: Tracción y flecha del cable de guarda para el cantón 5

Cantón: 6

Conductor LA-280 Hawk

Vano regulador: 132,97 m

Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga (kg/m)	Tracción resultante (kg)	Tracción respecto la carga de rotura (%)	Flecha (m)
viento	15	1,48	1700	19,74%	1,92
Temperatura	85	0,975	693	8,05%	3,11
Hielo	0	1,83	2098,7	24,36%	1,93

Tabla 28: Tracción y flecha del conductor para el cantón 6

Cable de guarda OPGW48

Vano regulador: 132,97 m

Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga (kg/m)	Tracción resultante (kg)	Tracción respecto la carga de rotura (%)	Flecha (m)
viento	15	1,02	1609,6	25,89%	1,40
Temperatura	85	0,467	784,5	12,62%	1,34
Hielo	0	1,19	1817	29,22%	1,45

Tabla 29: Tracción y flecha del cable de guarda para el cantón 6

Cantón: 7

Conductor LA-280 Hawk

Vano regulador: 141,19 m

Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga (kg/m)	Tracción resultante (kg)	Tracción respecto la carga de rotura (%)	Flecha (m)
viento	15	1,48	1711,5	19,87%	2,15
Temperatura	85	0,975	719,5	8,35%	3,38
Hielo	0	1,83	2112	24,52%	2,17

Tabla 30: Tracción y flecha del conductor para el cantón 7

Cable de guarda OPGW48

Vano regulador: 141,19 m

Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga (kg/m)	Tracción resultante (kg)	Tracción respecto la carga de rotura (%)	Flecha (m)
viento	15	1,02	1608,4	25,87%	1,58
Temperatura	85	0,467	800,3	12,87%	1,48
Hielo	0	1,19	1817,7	29,23%	1,64

Tabla 31: Tracción y flecha del cable de guarda para el cantón 7

Cantón: 8

Conductor LA-280 Hawk

Vano regulador: 139,33 m

Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga (kg/m)	Tracción resultante (kg)	Tracción respecto la carga de rotura (%)	Flecha (m)
viento	15	1,48	1709,1	19,84%	2,10
Temperatura	85	0,975	713,6	8,28%	3,32
Hielo	0	1,83	2109	24,48%	2,11

Tabla 32: Tracción y flecha del conductor para el cantón 8

Cable de guarda OPGW48

Vano regulador: 139,33 m

Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga (kg/m)	Tracción resultante (kg)	Tracción respecto la carga de rotura (%)	Flecha (m)
viento	15	1,02	1608,8	25,87%	1,54
Temperatura	85	0,467	796,7	12,81%	1,45
Hielo	0	1,19	1817,6	29,23%	1,59

Tabla 33: Tracción y flecha del cable de guarda para el cantón 8

Cantón: 9

Conductor LA-280 Hawk

Vano regulador: 238,07 m

Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga (kg/m)	Tracción resultante (kg)	Tracción respecto la carga de rotura (%)	Flecha (m)
viento	15	1,48	1800	20,90%	5,83
Temperatura	85	0,975	940,4	10,92%	7,35
Hielo	0	1,83	2218	25,75%	5,86

Tabla 34: Tracción y flecha del conductor para el cantón 9

Cable de guarda OPGW48

Vano regulador: 238,07 m

Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga (kg/m)	Tracción resultante (kg)	Tracción respecto la carga de rotura (%)	Flecha (m)
viento	15	1,02	1593	25,62%	4,54
Temperatura	85	0,467	918	14,76%	3,67
Hielo	0	1,19	1830	29,43%	4,62

Tabla 35: Tracción y flecha del cable de guarda para el cantón 9

Cantón: 10

Conductor LA-280 Hawk

Vano regulador: 176,76 m

Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga (kg/m)	Tracción resultante (kg)	Tracción respecto la carga de rotura (%)	Flecha (m)
viento	15	1,48	1753	20,35%	3,30
Temperatura	85	0,975	817,6	9,49%	4,66
Hielo	0	1,83	2160	25,08%	3,32

Tabla 36: Tracción y flecha del conductor para el cantón 10

Cable de guarda OPGW48

Vano regulador: 176,76 m

Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga (kg/m)	Tracción resultante (kg)	Tracción respecto la carga de rotura (%)	Flecha (m)
viento	15	1,02	1602,5	25,77%	2,49
Temperatura	85	0,467	855	13,75%	2,17
Hielo	0	1,19	1822,8	29,31%	2,56

Tabla 37: Tracción y flecha del cable de guarda para el cantón 10

Cantón: 11

Conductor LA-280 Hawk

Vano regulador: 252,29 m

Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga (kg/m)	Tracción resultante (kg)	Tracción respecto la carga de rotura (%)	Flecha (m)
viento	15	1,48	1807,8	20,99%	6,51
Temperatura	85	0,975	962,5	11,17%	8,06
Hielo	0	1,83	2227,8	25,86%	6,55

Tabla 38: Tracción y flecha del conductor para el cantón 11

Cable de guarda OPGW48

Vano regulador: 252,29 m

Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga (kg/m)	Tracción resultante (kg)	Tracción respecto la carga de rotura (%)	Flecha (m)
viento	15	1,02	1592	25,60%	5,10
Temperatura	85	0,467	928,5	14,93%	4,08
Hielo	0	1,19	1831,5	29,45%	5,18

Tabla 39: Tracción y flecha del cable de guarda para el cantón 11

Cantón: 12

Conductor LA-280 Hawk

Vano regulador: 155,41 m

Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga (kg/m)	Tracción resultante (kg)	Tracción respecto la carga de rotura (%)	Flecha (m)
viento	15	1,48	1729,7	20,08%	2,58
Temperatura	85	0,975	761,5	8,84%	3,87
Hielo	0	1,83	2133	24,76%	2,60

Tabla 40: Tracción y flecha del conductor para el cantón 12

Cable de guarda OPGW48

Vano regulador: 155,41 m

Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga (kg/m)	Tracción resultante (kg)	Tracción respecto la carga de rotura (%)	Flecha (m)
viento	15	1,02	1605,7	25,82%	1,92
Temperatura	85	0,467	824	13,25%	1,74
Hielo	0	1,19	1820,2	29,27%	1,98

Tabla 41: Tracción y flecha del cable de guarda para el cantón 12

Cantón: 13

Conductor LA-280 Hawk

Vano regulador: 148,62 m

Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga (kg/m)	Tracción resultante (kg)	Tracción respecto la carga de rotura (%)	Flecha (m)
viento	15	1,48	1721	19,98%	2,37
Temperatura	85	0,975	742	8,61%	3,63
Hielo	0	1,83	2123	24,65%	2,39

Tabla 42: Tracción y flecha del conductor para el cantón 13

Cable de guarda OPGW48

Vano regulador: 148,62 m

Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga (kg/m)	Tracción resultante (kg)	Tracción respecto la carga de rotura (%)	Flecha (m)
viento	15	1,02	1607	25,84%	1,75
Temperatura	85	0,467	813	13,07%	1,62
Hielo	0	1,19	1819	29,25%	1,81

Tabla 43: Tracción y flecha del cable de guarda para el cantón 13

Cantón: 14

Conductor LA-280 Hawk

Vano regulador: 169,12 m

Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga (kg/m)	Tracción resultante (kg)	Tracción respecto la carga de rotura (%)	Flecha (m)
viento	15	1,48	1745,33	20,26%	3,03
Temperatura	85	0,975	798,4	9,27%	4,37
Hielo	0	1,83	2151	24,97%	3,05

Tabla 44: Tracción y flecha del conductor para el cantón 14

Cable de guarda OPGW48

Vano regulador: 169,12 m

Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga (kg/m)	Tracción resultante (kg)	Tracción respecto la carga de rotura (%)	Flecha (m)
viento	15	1,02	1603	25,78%	2,27
Temperatura	85	0,467	844,6	13,58%	2,01
Hielo	0	1,19	1822	29,30%	2,34

Tabla 45: Tracción y flecha del cable de guarda para el cantón 14

Cantón: 15

Conductor LA-280 Hawk

Vano regulador: 181,92 m

Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga (kg/m)	Tracción resultante (kg)	Tracción respecto la carga de rotura (%)	Flecha (m)
viento	15	1,48	1758	20,41%	3,48
Temperatura	85	0,975	830	9,64%	4,86
Hielo	0	1,83	2166,4	25,15%	3,50

Tabla 46: Tracción y flecha del conductor para el cantón 15

Cable de guarda OPGW48

Vano regulador: 181,92 m

Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga (kg/m)	Tracción resultante (kg)	Tracción respecto la carga de rotura (%)	Flecha (m)
viento	15	1,02	1601	25,75%	2,64
Temperatura	85	0,467	861,7	13,86%	2,29
Hielo	0	1,19	1824	29,33%	2,71

Tabla 47: Tracción y flecha del cable de guarda para el cantón 15

Cantón: 16

Conductor LA-280 Hawk

Vano regulador: 123,11 m

Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga (kg/m)	Tracción resultante (kg)	Tracción respecto la carga de rotura (%)	Flecha (m)
viento	15	1,48	1685	19,56%	1,66
Temperatura	85	0,975	659,7	7,66%	2,80
Hielo	0	1,83	2081,8	24,17%	1,67

Tabla 48: Tracción y flecha del conductor para el cantón 16

Cable de guarda OPGW48

Vano regulador: 123,11 m

Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga (kg/m)	Tracción resultante (kg)	Tracción respecto la carga de rotura (%)	Flecha (m)
viento	15	1,02	1611	25,91%	1,20
Temperatura	85	0,467	764,5	12,29%	1,18
Hielo	0	1,19	1815,7	29,20%	1,24

Tabla 49: Tracción y flecha del cable de guarda para el cantón 16

Cantón: 17

Conductor LA-280 Hawk

Vano regulador: 117,85 m

Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga (kg/m)	Tracción resultante (kg)	Tracción respecto la carga de rotura (%)	Flecha (m)
viento	15	1,48	1676,8	19,47%	1,53
Temperatura	85	0,975	641	7,44%	2,64
Hielo	0	1,83	2072,6	24,06%	1,54

Tabla 50: Tracción y flecha del conductor para el cantón 17

Cable de guarda OPGW48

Vano regulador: 117,85 m

Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga (kg/m)	Tracción resultante (kg)	Tracción respecto la carga de rotura (%)	Flecha (m)
viento	15	1,02	1612,7	25,94%	1,10
Temperatura	85	0,467	753	12,11%	1,10
Hielo	0	1,19	1815	29,19%	1,14

Tabla 51: Tracción y flecha del cable de guarda para el cantón 17

Resumen de los peores resultados:

Hipótesis	Temperatura (°C)	Flecha máxima (m)	Flecha mínima (m)
Viento	15	6,51	1,53
Temperatura	85	8,06	2,64
Hielo	0	6,55	1,54

Tabla 52: Determinación de las flechas máximas y mínimas para el cable conductor LA-280 Hawk

Hipótesis	Temperatura (°C)	Flecha máxima (m)	Flecha mínima (m)
Viento	15	5,1	1,1
Temperatura	85	4,08	1,1
Hielo	0	5,18	1,14

Tabla 53: Determinación de las flechas máximas y mínimas para el cable de guarda OPGW48

3.2.2. Cálculo de apoyos

Para el cálculo de la línea aérea una de las características más importantes es la elección de los apoyos, por ello analizaremos que la elección realizada es la adecuada comprobando que se cumplen las hipótesis para cada tipo de apoyo, según marca el reglamento en la ITC-07.

3.2.2.1. Apoyos de fin o inicio de línea

ESFUERZO	HIPÓTESIS				
	Viento	Hielo	Hielo + viento	Desequilibrio	Rotura
Vertical	$P_{cond} + P_{cad+herr}$	$P_{cond+h} + P_{cad+herr}$	V_{hielo}	0	$P_{cond+h} + P_{cad+herr}$
Transversal	$F_{t(140)}$	$F_{t(60)}$	T_{viento}	0	0
Longitudinal	T_v	T_{h+v}	L_{viento}	0	T_{h+v}

Tabla 54: Tipos de carga según hipótesis para apoyos de fin o inicio de línea

$$P_{cond} = p \cdot \left[\frac{a_1}{2} + \frac{T_v}{p_{ap}} \cdot \left(\frac{d_1}{a_1} \right) \right]$$

$$P_{cond+h} = p_{ap} \cdot \left[\frac{a_1}{2} + \frac{T_{(h+v)}}{p_{ap}} \cdot \left(\frac{d_1}{a_1} \right) \right]$$

$$F_{t(140)} = q_{140} \cdot d \cdot \left(\frac{a_1}{2} \right)$$

$$F_{t(16)} = q_{60} \cdot d \cdot \left(\frac{a_1}{2} \right)$$

p: peso del conductor [kg]

p_{ap} : peso aparente del conductor [kg]

T_v : tensión horizontal en un conductor a -10°C y con viento a 140 km/h

$T_{(h+v)}$: Tensión horizontal en un conductor a -15°C , con hielo y con viento de 60 km/h

d_x : desnivel entre los apoyos anteriores y posteriores [m]

d: diámetro del conductor [m]

q: presión del viento sobre los conductores [daN/m²]

3.2.2.2. Apoyos de suspensión

ESFUERZO	HIPÓTESIS				
	Viento	Hielo	Hielo + viento	Desequilibrio	Rotura
Vertical	$P_{cond} + P_{cad+herr}$	$P_{cond+h} + P_{cad+herr}$	V_{hielo}	$P_{cond+h} + P_{cad+herr}$	$P_{cond+h} + P_{cad+herr}$
Transversal	$nF_{t(140)}$	$F_{t(60)}$	T_{viento}	0	0
Longitudinal	0	0	0	$0,15 \cdot T_{h+v}$	$0,5 \cdot T_{h+v}$

Tabla 55: Tipos de carga según hipótesis para apoyos de suspensión

$$P_{cond} = p \cdot \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_v}{p_{ap}} \cdot \left(\frac{d_1}{a_1} - \frac{d_2}{a_2} \right) \right]$$

$$P_{cond+h} = p_{ap} \cdot \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_{h+v}}{p_{ap}} \cdot \left(\frac{d_1}{a_1} - \frac{d_2}{a_2} \right) \right]$$

$$F_{t(140)} = q_{140} \cdot d \cdot \left(\frac{a_1 + a_2}{2} \right)$$

$$F_{t(16)} = q_{60} \cdot d \cdot \left(\frac{a_1 + a_2}{2} \right)$$

p: peso del conductor [kg]

p_{ap} : peso aparente del conductor [kg]

T_v : tensión horizontal en un conductor a -10°C y con viento a 140 km/h

$T_{(h+v)}$: Tensión horizontal en un conductor a -15°C , con hielo y con viento de 60 km/h

d_x : desnivel entre los apoyos anteriores y posteriores [m]

d: diámetro del conductor

q: presión del viento sobre los conductores [daN/m^2]

3.2.2.3. Apoyos de amarre

ESFUERZO	HIPÓTESIS				
	Viento	Hielo	Hielo + viento	Desequilibrio	Rotura
Vertical	$P_{cond} + P_{cad+herr}$	$P_{cond+h} + P_{cad+herr}$	V_{hielo}	$P_{cond+h} + P_{cad+herr}$	$P_{cond+h} + P_{cad+herr}$
Transversal	$F_{t(140)} + R_{ang}$	$F_{t(60)} + R_{ang_hielo}$	T_{viento}	$1,75 \cdot T_{h+v} \cdot \sin(\alpha/2)$	$T_{h+v} \cdot \sin(\alpha/2)$
Longitudinal	0	0	0	$0,25 \cdot T_{h+v} \cdot \cos(\alpha/2)$	$T_{h+v} \cdot \cos(\alpha/2)$

Tabla 56: Tipos de carga según hipótesis para apoyos de amarre

$$P_{cond} = p \cdot \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_{v1}}{p_{ap}} \cdot \left(\frac{d_1}{a_1} \right) - \frac{T_{v2}}{p_{ap}} \cdot \left(\frac{d_2}{a_2} \right) \right]$$

$$P_{cond+h} = p_{ap} \cdot \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_{(h+v)1}}{p_{ap}} \cdot \left(\frac{d_1}{a_1} \right) - \frac{T_{(h+v)2}}{p_{ap}} \cdot \left(\frac{d_2}{a_2} \right) \right]$$

$$F_{t(140)} = q_{140} \cdot d \cdot \left(\frac{a_1 + a_2}{2} \right)$$

$$F_{t(60)} = q_{60} \cdot d \cdot \left(\frac{a_1 + a_2}{2} \right)$$

$$R_{ang} = 2 \cdot T_v \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

$$R_{ang+hielo} = 2 \cdot T_{h+v} \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

T_{v1} : Tensión horizontal en un conductor del vano anterior a -10°C y con viento de 140km/h

T_{v2} : Tensión horizontal en un conductor del vano posterior a -10°C y con viento de 140km/h

$T_{(h+v)1}$: Tensión horizontal en un conductor del vano anterior a -15°C, con hielo y con viento de 60km/h

$T_{(h+v)2}$: Tensión horizontal en un conductor del vano posterior a -15°C, con hielo y con viento de 60km/h

$T_{(h+v)}$: Tensión máxima de $T_{(h+v)1}$ y $T_{(h+v)2}$

T_v : Tensión máxima de T_{v1} y T_{v2}

p : Peso del conductor [kg]

p_{ap} : Peso aparente del conductor [kg]

d_x : Desnivel de los apoyos anteriores y posteriores [m]

d : Diámetro del conductor [m]

q : Presión del viento sobre los conductores [daN/m²]

3.2.2.4. Resultados de los esfuerzos para cada apoyo

A continuación se muestra una tabla con los resultados para cada apoyo, cabe recordar que las unidades de los esfuerzos son kg:

Apoyo	Tipo	Tipo de esfuerzo	Viento	Hielo	Hielo + Viento	Desequilibrio de tracciones	Rotura de conductores
1	INICIO DE LÍNEA	Vertical	1.874,64	516,25	1.846,44	0,00	1.846,44
		Transversal	1.535,64	282,04	1.535,64	0,00	0,00
		Longitudinal	8.446,01	8.868,31	9.045,67	0,00	9.045,67
2	SUSPENSIÓN	Vertical	331,74	481,63	1.712,64	1.712,64	1.712,64
		Transversal	4.273,08	846,11	244,66	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
3	SUSPENSIÓN	Vertical	255,35	420,83	1.266,64	1.266,64	1.266,64
		Transversal	3.160,30	580,43	180,95	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
4	SUSPENSIÓN	Vertical	298,13	430,84	1.516,40	1.516,40	1.516,40
		Transversal	3.783,46	694,88	216,63	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
5	AMARRE	Vertical	317,99	460,85	1.619,67	1.619,67	1.619,67
		Transversal	7.331,00	4.251,98	6.231,35	4.032,05	1.832,75
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	2.419,23	12.829,25
6	SUSPENSIÓN	Vertical	382,16	557,81	1.966,00	1.966,00	1.966,00
		Transversal	5007,51	919,69	280,86	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15

7	AMARRE	Vertical	305,77	442,38	1.609,81	1.609,81	1.609,81
		Transversal	7010,52	4066,10	5958,94	3855,79	1752,63
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	2.313,47	12.268,41
8	SUSPENSIÓN	Vertical	230,91	329,27	1.171,75	1.171,75	1.171,75
		Transversal	2804,21	515,03	167,39	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
9	AMARRE	Vertical	322,57	467,78	1.600,55	1.600,55	1.600,55
		Transversal	7451,18	4321,69	6333,50	4098,15	1862,80
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	2.458,89	13.039,57
10	SUSPENSIÓN	Vertical	288,96	416,99	1.484,36	1.484,36	1.484,36
		Transversal	3649,92	670,35	212,05	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
11	SUSPENSIÓN	Vertical	369,94	539,34	1.883,90	1.883,90	1.883,90
		Transversal	4829,47	886,99	269,13	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
12	SUSPENSIÓN	Vertical	258,41	370,82	1.355,74	1.355,74	1.355,74
		Transversal	3204,81	588,60	193,68	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
13	AMARRE	Vertical	281,32	405,45	1.403,64	1.403,64	1.403,64
		Transversal	6369,56	3694,34	5414,12	3503,26	1592,39
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	2.101,95	11.146,73

14	SUSPENSIÓN	Vertical	307,30	444,69	1.553,32	1.553,32	1.553,32
		Transversal	3916,99	719,40	221,90	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
15	SUSPENSIÓN	Vertical	247,71	354,66	1.260,11	1.260,11	1.260,11
		Transversal	3049,02	559,99	180,02	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
16	SUSPENSIÓN	Vertical	224,79	320,03	1.102,88	1.102,88	1.102,88
		Transversal	2715,19	498,68	157,55	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
17	AMARRE	Vertical	246,18	352,35	1.199,45	1.199,45	1.199,45
		Transversal	5448,18	3159,94	4630,95	2996,50	1362,04
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.797,90	9.534,31
18	SUSPENSIÓN	Vertical	218,68	310,80	1.070,13	1.070,13	1.070,13
		Transversal	2626,16	482,33	152,88	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
19	SUSPENSIÓN	Vertical	266,05	382,36	1.298,82	1.298,82	1.298,82
		Transversal	3316,09	609,04	185,55	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
20	SUSPENSIÓN	Vertical	253,82	363,89	1.265,53	1.265,53	1.265,53
		Transversal	3138,04	576,34	180,79	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15

21	AMARRE	Vertical	313,41	453,92	1.567,53	1.567,53	1.567,53
		Transversal	7210,82	4182,28	6129,20	3965,95	1802,71
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	2.379,57	12.618,94
22	SUSPENSIÓN	Vertical	293,55	423,91	1.502,33	1.502,33	1.502,33
		Transversal	3716,69	682,61	214,62	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
23	SUSPENSIÓN	Vertical	223,27	317,72	1.124,22	1.124,22	1.124,22
		Transversal	2692,93	494,59	160,60	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
24	SUSPENSIÓN	Vertical	235,49	336,19	1.142,87	1.142,87	1.142,87
		Transversal	2870,97	527,29	163,27	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
25	SUSPENSIÓN	Vertical	192,71	271,56	928,25	928,25	928,25
		Transversal	2247,82	412,84	132,61	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
26	SUSPENSIÓN	Vertical	233,96	333,88	1.115,40	1.115,40	1.115,40
		Transversal	2848,72	523,20	159,34	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
27	SUSPENSIÓN	Vertical	177,43	248,47	847,84	847,84	847,84
		Transversal	2025,26	371,96	121,12	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15

28	SUSPENSIÓN	Vertical	201,88	285,41	938,82	938,82	938,82
		Transversal	2381,35	437,36	134,12	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
29	AMARRE	Vertical	292,02	421,61	1.423,12	1.423,12	1.423,12
		Transversal	6649,98	3856,99	5652,48	3657,49	1662,49
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	2.194,49	11.637,46
30	SUSPENSIÓN	Vertical	218,68	310,80	1.099,42	1.099,42	1.099,42
		Transversal	2626,16	482,33	157,06	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
31	SUSPENSIÓN	Vertical	256,88	368,51	1.251,15	1.251,15	1.251,15
		Transversal	3182,55	584,51	178,74	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
32	SUSPENSIÓN	Vertical	288,96	416,99	1.442,38	1.442,38	1.442,38
		Transversal	3649,92	670,35	206,05	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
33	AMARRE	Vertical	340,91	495,48	1.732,97	1.732,97	1.732,97
		Transversal	7931,90	4600,50	6742,12	4362,55	1982,98
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	2.617,53	13.880,83
34	SUSPENSIÓN	Vertical	423,41	620,13	2.195,12	2.195,12	2.195,12
		Transversal	5608,42	1030,05	313,59	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15

35	SUSPENSIÓN	Vertical	470,77	691,70	2.494,10	2.494,10	2.494,10
		Transversal	6298,34	1156,76	356,30	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
36	SUSPENSIÓN	Vertical	278,27	400,83	1.523,44	1.523,44	1.523,44
		Transversal	3494,13	641,74	217,63	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
37	AMARRE	Vertical	301,19	435,46	1.519,60	1.519,60	1.519,60
		Transversal	6890,34	3996,40	5856,79	3789,69	1722,58
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	2.273,81	12.058,09
38	SUSPENSIÓN	Vertical	447,86	657,07	2.296,84	2.296,84	2.296,84
		Transversal	5964,51	1095,45	328,12	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
39	SUSPENSIÓN	Vertical	266,05	382,36	1.445,25	1.445,25	1.445,25
		Transversal	3316,09	609,04	206,46	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
40	SUSPENSIÓN	Vertical	221,74	315,42	1.098,71	1.098,71	1.098,71
		Transversal	2670,67	490,50	156,96	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
41	SUSPENSIÓN	Vertical	340,91	495,48	1.690,02	1.690,02	1.690,02
		Transversal	4406,61	809,33	241,43	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15

42	SUSPENSIÓN	Vertical	475,36	698,62	2.465,21	2.465,21	2.465,21
		Transversal	6365,11	1169,03	352,17	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
43	AMARRE	Vertical	330,21	479,32	1.796,46	1.796,46	1.796,46
		Transversal	7651,48	4437,86	6503,76	4208,32	1912,87
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	2.524,99	13.390,09
44	SUSPENSIÓN	Vertical	288,96	416,99	1.489,24	1.489,24	1.489,24
		Transversal	3649,92	670,35	212,75	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
45	AMARRE	Vertical	246,18	352,35	1.240,45	1.240,45	1.240,45
		Transversal	5448,18	3159,94	4630,95	2996,50	1362,04
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.797,90	9.534,31
46	SUSPENSIÓN	Vertical	229,38	326,96	1.125,74	1.125,74	1.125,74
		Transversal	2781,95	510,94	160,82	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
47	SUSPENSIÓN	Vertical	244,66	350,04	1.194,44	1.194,44	1.194,44
		Transversal	3004,51	551,81	170,63	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
48	SUSPENSIÓN	Vertical	327,16	474,70	1.633,16	1.633,16	1.633,16
		Transversal	4206,31	772,54	233,31	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15

49	SUSPENSIÓN	Vertical	295,07	426,22	1.519,06	1.519,06	1.519,06
		Transversal	3738,94	686,70	217,01	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
50	AMARRE	Vertical	255,35	366,20	1.292,02	1.292,02	1.292,02
		Transversal	5688,54	3299,35	4835,26	3128,70	1422,13
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.877,22	9.954,94
51	SUSPENSIÓN	Vertical	246,18	352,35	1.218,98	1.218,98	1.218,98
		Transversal	3026,76	555,90	174,14	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
52	SUSPENSIÓN	Vertical	204,93	290,02	998,64	998,64	998,64
		Transversal	2425,86	445,54	142,66	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
53	SUSPENSIÓN	Vertical	296,60	428,53	1.448,91	1.448,91	1.448,91
		Transversal	3761,20	690,79	206,99	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
54	SUSPENSIÓN	Vertical	221,74	315,42	1.118,23	1.118,23	1.118,23
		Transversal	2670,67	490,50	159,75	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
55	SUSPENSIÓN	Vertical	218,68	310,80	1.054,51	1.054,51	1.054,51
		Transversal	2626,16	482,33	150,64	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15

56	SUSPENSIÓN	Vertical	238,54	340,81	1.155,83	1.155,83	1.155,83
		Transversal	2915,49	535,46	165,12	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
57	SUSPENSIÓN	Vertical	247,71	354,66	1.216,18	1.216,18	1.216,18
		Transversal	3049,02	559,99	173,74	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
58	SUSPENSIÓN	Vertical	322,57	467,78	1.611,28	1.611,28	1.611,28
		Transversal	4139,55	760,28	230,18	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
59	SUSPENSIÓN	Vertical	262,99	377,74	1.349,31	1.349,31	1.349,31
		Transversal	3271,58	600,86	192,76	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
60	SUSPENSIÓN	Vertical	295,07	426,22	1.478,06	1.478,06	1.478,06
		Transversal	3738,94	686,70	211,15	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
61	SUSPENSIÓN	Vertical	240,07	343,12	1.212,58	1.212,58	1.212,58
		Transversal	2937,74	539,55	173,23	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
62	SUSPENSIÓN	Vertical	267,57	384,67	1.320,43	1.320,43	1.320,43
		Transversal	3338,34	613,13	188,63	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15

63	SUSPENSIÓN	Vertical	240,07	343,12	1.195,01	1.195,01	1.195,01
		Transversal	2937,74	539,55	170,72	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
64	AMARRE	Vertical	353,13	513,94	1.765,28	1.765,28	1.765,28
		Transversal	8252,38	4786,38	7014,53	4538,81	2063,10
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	2.723,29	14.441,67
65	SUSPENSIÓN	Vertical	246,18	352,35	1.281,45	1.281,45	1.281,45
		Transversal	3026,76	555,90	183,06	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
66	SUSPENSIÓN	Vertical	229,38	326,96	1.125,74	1.125,74	1.125,74
		Transversal	2781,95	510,94	160,82	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
67	AMARRE	Vertical	247,71	354,66	1.210,32	1.210,32	1.210,32
		Transversal	5488,24	3183,18	4665,00	3018,53	1372,06
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.811,12	9.604,41
68	SUSPENSIÓN	Vertical	363,83	530,10	1.825,77	1.825,77	1.825,77
		Transversal	4740,45	870,64	260,82	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
69	SUSPENSIÓN	Vertical	252,30	361,59	1.320,06	1.320,06	1.320,06
		Transversal	3115,79	572,25	188,58	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15

70	SUSPENSIÓN	Vertical	244,66	350,04	1.209,08	1.209,08	1.209,08
		Transversal	3004,51	551,81	172,73	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
71	SUSPENSIÓN	Vertical	270,63	389,29	1.339,24	1.339,24	1.339,24
		Transversal	3382,85	621,30	191,32	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
72	SUSPENSIÓN	Vertical	343,96	500,09	1.737,14	1.737,14	1.737,14
		Transversal	4451,12	817,50	248,16	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
73	SUSPENSIÓN	Vertical	301,19	435,46	1.561,57	1.561,57	1.561,57
		Transversal	3827,97	703,05	223,08	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
74	SUSPENSIÓN	Vertical	339,38	493,17	1.732,83	1.732,83	1.732,83
		Transversal	4384,36	805,24	247,55	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
75	SUSPENSIÓN	Vertical	426,47	624,75	2.210,03	2.210,03	2.210,03
		Transversal	5652,93	1038,23	315,72	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
76	SUSPENSIÓN	Vertical	313,41	453,92	1.677,84	1.677,84	1.677,84
		Transversal	4006,01	735,75	239,69	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15

77	SUSPENSIÓN	Vertical	299,66	433,15	1.534,10	1.534,10	1.534,10
		Transversal	3805,71	698,96	219,16	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
78	SUSPENSIÓN	Vertical	232,43	331,58	1.175,79	1.175,79	1.175,79
		Transversal	2826,46	519,11	167,97	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
79	SUSPENSIÓN	Vertical	209,52	296,95	1.013,68	1.013,68	1.013,68
		Transversal	2492,63	457,80	144,81	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
80	AMARRE	Vertical	261,46	375,44	1.269,13	1.269,13	1.269,13
		Transversal	5848,78	3392,29	4971,46	3216,83	1462,19
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.930,10	10.235,36
81	SUSPENSIÓN	Vertical	207,99	294,64	1.024,29	1.024,29	1.024,29
		Transversal	2470,37	453,71	146,33	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
82	SUSPENSIÓN	Vertical	209,52	296,95	998,06	998,06	998,06
		Transversal	2492,63	457,80	142,58	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
83	SUSPENSIÓN	Vertical	204,93	290,02	975,21	975,21	975,21
		Transversal	2425,86	445,54	139,32	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15

84	AMARRE	Vertical	178,96	250,78	837,23	837,23	837,23
		Transversal	3685,53	2137,61	3132,70	2027,04	921,38
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.216,23	6.449,68
85	SUSPENSIÓN	Vertical	269,10	386,98	1.289,32	1.289,32	1.289,32
		Transversal	3360,60	617,21	184,19	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
86	SUSPENSIÓN	Vertical	137,71	188,45	663,75	663,75	663,75
		Transversal	1446,62	265,69	94,82	0,00	0,00
		Longitudinal	0,00	0,00	0,00	1.330,25	4.434,15
87	FIN DE LINEA	Vertical	615,00	188,45	579,80	0,00	579,80
		Transversal	482,21	88,56	482,21	0,00	0,00
		Longitudinal	2.652,13	2.784,73	2.840,43	0,00	2.840,43

Tabla 57: Resultados de las hipótesis para los apoyos

3.2.2.5. Determinación de los apoyos a elegir

A partir de la siguiente gráfica, extraída del catálogo del fabricante, se puede determinar un determinado apoyo que satisfaga los esfuerzos que se han calculado en las hipótesis del reglamento.

Primero, se ha de dividir el esfuerzo de fase / esfuerzo en cúpula y el resultado se ha de cortar en la curva de la gráfica para obtener el coeficiente e.

A partir del coeficiente e, el fabricante facilita una tabla en la cual se asocia a una determinada serie de apoyo que tenga un esfuerzo superior al calculado en la hipótesis.

La designación de los apoyos tendrá la siguiente forma:



Figura 6: Designación apoyos. Fuente: Catálogo general IMEDEXSA

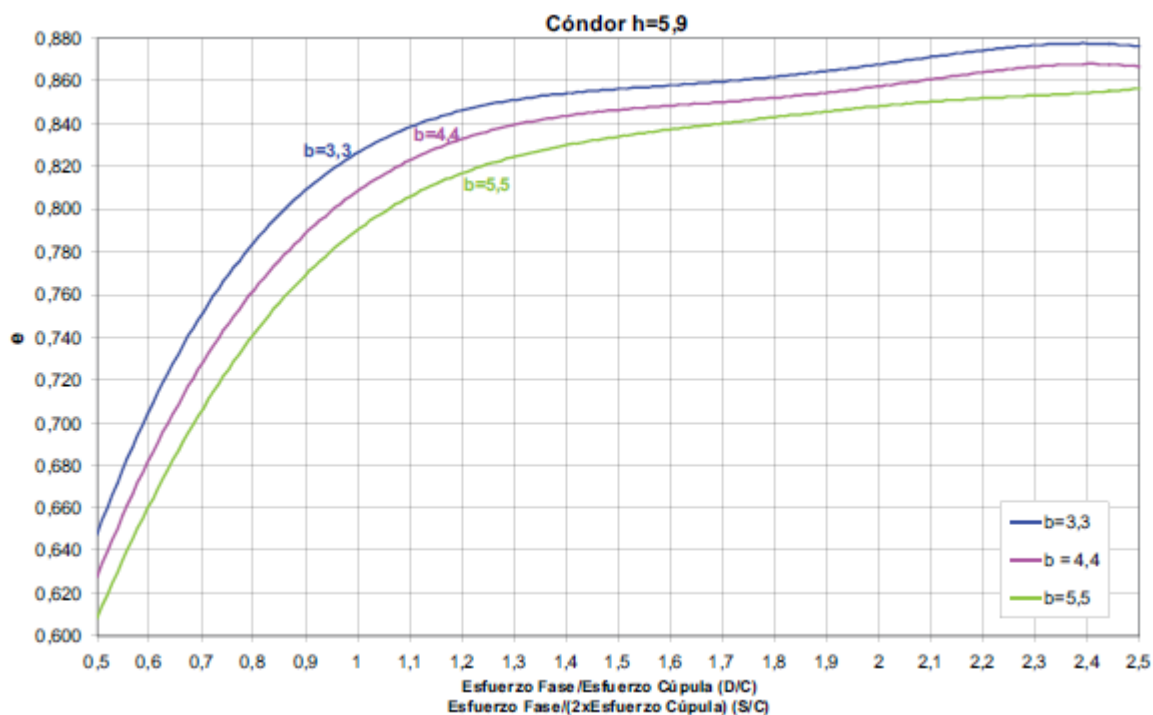


Figura 7: Determinación coeficiente e. Fuente: Catálogo general IMEDEXSA

Así pues, seleccionando apoyos tipo Cóndor con una altura nominal de 30 m, una cúpula tipo N4C, con una altura $h = 5,9$ m y una distancia vertical entre crucetas de valor $b = 4,4$ m.

Se obtienen los siguientes tipos de apoyo:

Apoyo	Designación
1	CO-12000-30-N4C
2	CO-5000-30-N4C
3	CO-5000-30-N4C
4	CO-5000-30-N4C
5	CO-18000-30-N4C
6	CO-5000-30-N4C
7	CO-18000-30-N4C
8	CO-5000-30-N4C
9	CO-18000-30-N4C
10	CO-5000-30-N4C
11	CO-5000-30-N4C
12	CO-5000-30-N4C
13	CO-12000-30-N4C
14	CO-5000-30-N4C
15	CO-5000-30-N4C
16	CO-5000-30-N4C
17	CO-12000-30-N4C
18	CO-5000-30-N4C
19	CO-5000-30-N4C
20	CO-5000-30-N4C
21	CO-18000-30-N4C
22	CO-5000-30-N4C
23	CO-5000-30-N4C
24	CO-5000-30-N4C
25	CO-5000-30-N4C
26	CO-5000-30-N4C
27	CO-5000-30-N4C
28	CO-5000-30-N4C
29	CO-12000-30-N4C

30	CO-5000-30-N4C
31	CO-5000-30-N4C
32	CO-5000-30-N4C
33	CO-18000-30-N4C
34	CO-5000-30-N4C
35	CO-5000-30-N4C
36	CO-5000-30-N4C
37	CO-18000-30-N4C
38	CO-5000-30-N4C
39	CO-5000-30-N4C
40	CO-5000-30-N4C
41	CO-5000-30-N4C
42	CO-5000-30-N4C
43	CO-18000-30-N4C
44	CO-5000-30-N4C
45	CO-12000-30-N4C
46	CO-5000-30-N4C
47	CO-5000-30-N4C
48	CO-5000-30-N4C
49	CO-5000-30-N4C
50	CO-12000-30-N4C
51	CO-5000-30-N4C
52	CO-5000-30-N4C
53	CO-5000-30-N4C
54	CO-5000-30-N4C
55	CO-5000-30-N4C
56	CO-5000-30-N4C
57	CO-5000-30-N4C
58	CO-5000-30-N4C
59	CO-5000-30-N4C
60	CO-5000-30-N4C
61	CO-5000-30-N4C
62	CO-5000-30-N4C
63	CO-5000-30-N4C

64	CO-18000-30-N4C
65	CO-5000-30-N4C
66	CO-5000-30-N4C
67	CO-12000-30-N4C
68	CO-5000-30-N4C
69	CO-5000-30-N4C
70	CO-5000-30-N4C
71	CO-5000-30-N4C
72	CO-5000-30-N4C
73	CO-5000-30-N4C
74	CO-5000-30-N4C
75	CO-5000-30-N4C
76	CO-5000-30-N4C
77	CO-5000-30-N4C
78	CO-5000-30-N4C
79	CO-5000-30-N4C
80	CO-12000-30-N4C
81	CO-5000-30-N4C
82	CO-5000-30-N4C
83	CO-5000-30-N4C
84	CO-7000-30-N4C
85	CO-5000-30-N4C
86	CO-5000-30-N4C
87	CO-3000-30-N4C

Tabla 58: Designaciones de los apoyos

3.2.3. Cimentaciones

Las cimentaciones para este tipo de apoyos consisten en macizos independientes para las cuatro patas. De modo que según el apartado 3.6.1 del RLAT, se diseñarán las cimentaciones para absorber las cargas de compresión y arranque, aplicando el método del talud natural.

Se debe comprobar el coeficiente de seguridad al vuelco, que consiste en el cociente entre el momento estabilizador mínimo respecto a la arista más cargada y el momento volcador máximo motivado por fuerzas externas; de tal forma que el coeficiente no sea inferior a 1,5 en hipótesis normales, y no inferior a 1,2 en hipótesis anormales.

3.2.3.1. Comprobación al arranque

Según el apartado 3.6.2 de la ITC-07, las fuerzas que se oponen al arranque son:

- Peso del apoyo (un cuarto porque son cimentaciones fraccionadas).
- Peso de la cimentación.
- Peso de las tierras que arrastraría el hormigón al ser arrancado.

Por lo que el momento estabilizador ha de ser igual a:

$$P_e = P_h + \frac{1}{4} \cdot P_a + P_t$$

P_e : Esfuerzo estabilizador [daN]

P_h : Peso del hormigón [daN]

P_a : Peso del apoyo [daN]

P_t : Peso de las tierras desplazadas [daN]

Para calcular el peso del hormigón, teniendo en cuenta que la cimentación será de tipo cuadrada recta, se aplica la siguiente ecuación:

$$P_h = a^2 \cdot H \cdot \delta$$

a : Lado de la cimentación [m]

H : Profundidad de la cimentación [m]

δ : Peso específico del hormigón [daN/m³]

El peso de las tierras arrancadas se corresponde con el volumen de tierras de una pirámide invertida y truncada, a la que se le resta el volumen de hormigón y el volumen de interferencia de tierras:

$$P_t = \delta_t \cdot \left(\frac{h}{3} \cdot (b_1 + b_2 + \sqrt{b_1 \cdot b_2}) - a^2 \cdot H - V_{interf} \right)$$

$$b_1 = a^2$$

$$b_2 = (a + 2 \cdot H \cdot \tan(\beta))^2$$

b_1 : Área de la base inferior de la pirámide truncada [m²]

b_2 : Área de la base superior de la pirámide truncada [m²]

a : Lado de la cimentación [m]

H : Profundidad de la cimentación [m]

V_{interf} : Volumen de interferencia de las tierras [m³]

δ_t : Peso específico del terreno [daN/m³]

β : Ángulo de arranque del terreno [°]

Una vez realizados los cálculos hay que comprobar si se cumplen los coeficientes de seguridad. En caso de no disponer de datos sobre el terreno, el RLAT recomienda usar un ángulo de arranque de 30° para terreno normal.

3.2.3.2. Comprobación a la compresión

Según el apartado 3.6.3 de la ITC-07 del RLAT, se considerarán todas las siguientes cargas de compresión que la cimentación transmite al terreno:

- Peso del apoyo.
- Peso propio de la cimentación (1/4 al ser fraccionadas).
- Peso de las tierras que actúan sobre la solera de la cimentación
- Compresión ejercida por el apoyo.

Se comprobará que todas las cargas anteriores divididas por la superficie de la solera de la cimentación no sobrepasa la carga admisible del terreno. En caso de no tener datos sobre el terreno, el RLAT recomienda considerar como carga admisible para el terreno normal 3 daN/cm².

$$\sigma_{adm} \geq \frac{C + \frac{P_a}{4} + P_h}{S}$$

P_a : Peso del apoyo [daN]

P_h : Peso del hormigón [daN]

S : Superficie de la solera de la cimentación [cm²]

C : Compresión máxima del montaje [daN]

3.2.3.3. Comprobación de la adherencia entre anclaje y cimentación

Se considerará que de la mayor carga que el anclaje transmite a la cimentación, la mitad es absorbida por la adherencia entre el anclaje y el macizo, y la otra mitad es absorbida por los casquillos del anclaje por la cortadura de los tornillos de unión. Los coeficientes de seguridad de ambas cargas opuestas a que el anclaje deslice de la cimentación, no deberán ser inferiores a 1,5.

$$A \cdot \sigma_{\text{acero-hormigón}} \geq 1,5 \cdot \frac{C}{2}$$

A: Área embebida en el hormigón [cm²]

C: Compresión máxima por montaje [daN]

$\sigma_{\text{acero-hormigón}}$: Adherencia acero-hormigón [daN/cm²]

Para comprobar a cortadura los tornillos de las zapatas-anclaje se aplica la siguiente ecuación:

$$n \cdot C_{\text{tornillo}} \geq 1,5 \cdot \frac{C}{2}$$

C_{tornillo} : Adherencia acero-hormigón [daN]

n: Número de tornillos

C: Compresión máxima por montaje [daN]

Tanto la compresión máxima por montante como el área embebida en la cimentación son datos que el fabricante debe proporcionar.

3.2.3.4. Resultados

A continuación se muestra una tabla con las cimentaciones empleadas en cada apoyo. Se ha considerado un ángulo de arranque de 30° y una carga admisible del terreno de 3daN/cm².

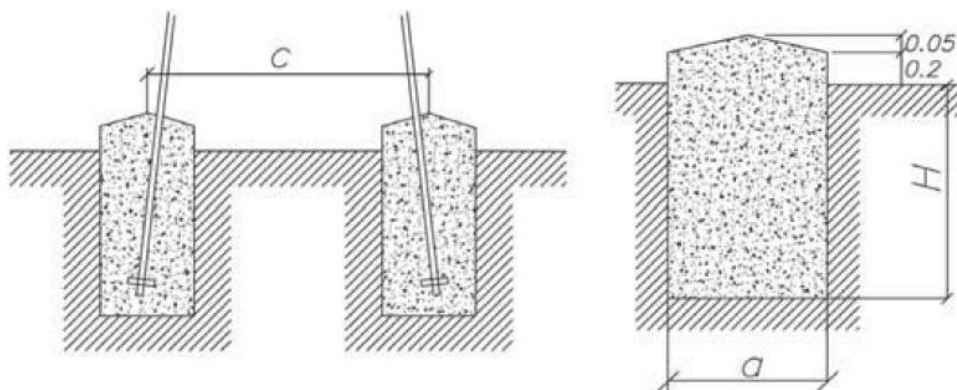


Figura 8: Ejemplo del tipo de cimentación utilizada. Fuente: Catálogo general AMEDEXSA

Apoyo	Designación	a [m]	H [m]	Volumen [m³]	C [m]
1	CO-12000-30-N4C	1,4	2,9	5,68	6,95
2	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
3	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
4	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
5	CO-18000-30-N4C	1,65	3,25	8,85	6,95
6	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
7	CO-18000-30-N4C	1,65	3,25	8,85	6,95
8	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
9	CO-18000-30-N4C	1,65	3,25	8,85	6,95
10	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
11	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
12	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
13	CO-12000-30-N4C	1,4	2,9	5,68	6,95
14	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
15	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
16	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
17	CO-12000-30-N4C	1,4	2,9	5,68	6,95
18	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
19	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
20	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
21	CO-18000-30-N4C	1,65	3,25	8,85	6,95
22	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
23	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
24	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
25	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
26	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
27	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
28	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
29	CO-12000-30-N4C	1,4	2,9	5,68	6,95
30	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
31	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
32	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
33	CO-18000-30-N4C	1,65	3,25	8,85	6,95

34	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
35	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
36	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
37	CO-18000-30-N4C	1,65	3,25	8,85	6,95
38	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
39	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
40	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
41	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
42	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
43	CO-18000-30-N4C	1,65	3,25	8,85	6,95
44	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
45	CO-12000-30-N4C	1,4	2,9	5,68	6,95
46	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
47	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
48	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
49	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
50	CO-12000-30-N4C	1,4	2,9	5,68	6,95
51	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
52	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
53	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
54	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
55	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
56	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
57	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
58	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
59	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
60	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
61	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
62	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
63	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
64	CO-18000-30-N4C	1,65	3,25	8,85	6,95
65	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
66	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
67	CO-12000-30-N4C	1,4	2,9	5,68	6,95

68	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
69	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
70	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
71	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
72	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
73	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
74	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
75	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
76	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
77	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
78	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
79	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
80	CO-12000-30-N4C	1,4	2,9	5,68	6,95
81	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
82	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
83	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
84	CO-7000-30-N4C	1,2	2,7	3,89	6
85	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
86	CO-5000-30-N4C	1,05	2,45	2,7	6
87	CO-3000-30-N4C	0,9	2,35	1,9	6

Tabla 59: Resultados cimentaciones

3.3. Puesta a tierra

Definimos los siguientes elementos de puesta a tierra:

3.3.1. Línea de tierra

La línea de tierra está formada por doble cable de acero galvanizado de 50 mm², sumando un total de 4 conductores al colocar dos líneas de tierra en cada apoyo.

3.3.2. Electrodo de puesta a tierra

- Apoyo frecuentado: Está formado por un anillo difusor de cobre desnudo de 50 mm² y 4 picas de difusión vertical de 2 metros de longitud y 14 mm de diámetro.
- Apoyo no frecuentado: Está formado por 2 picas de difusión vertical de 2 metros de longitud y 14 mm de diámetro.

3.3.3. Dimensionamiento de la puesta a tierra

La puesta a tierra debe cumplir los cuatro requisitos del apartado 7.1 de la ITC-07:

- Que resista los esfuerzos mecánicos y la corrosión.
- Que resista, desde el punto de vista térmico, la corriente de falta más elevada determinada en el cálculo.
- Garantizar la seguridad de las personas con respecto a tensiones que aparezcan durante una falta a tierra.
- Proteger de daños a propiedades y equipos y garantizar la fiabilidad de la línea.

3.3.3.1. Dimensionamiento respecto a la resistencia térmica

La línea de tierra debe soportar las corrientes de falta en su totalidad, ya que es el único camino que hay para conducir la corriente hacia los electrodos. Sin embargo, los electrodos se pueden dimensionar para soportar una fracción de la corriente de falta ya que en este caso, la corriente sí encuentra más de una vía para llegar al suelo.

3.3.3.2. Dimensionamiento respecto a la seguridad de las personas

En el caso de los apoyos frecuentados hay que dimensionar para una tensión de puesta a tierra menor que dos veces la tensión de contacto admisible en la instalación.

3.3.3.3. Dimensionamiento para la protección contra los efectos rayo

Los apoyos frecuentados se deberán dimensionar de tal forma que la impedancia de la onda del electrodo de tierra se parezca a la resistencia, y esto ocurre cuando la longitud del electrodo no se supera la longitud crítica. Por ello es preferible instalar más picas de menor longitud a menos picas de mayor longitud.

3.3.3.4. Tabla de resultados

Apoyo	Designación	Tipo	Electrodo
1	CO-12000-30-N4C	Frecuentado	Anillo con 4 picas
2	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
3	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
4	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
5	CO-18000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
6	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
7	CO-18000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
8	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
9	CO-18000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
10	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
11	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
12	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
13	CO-12000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
14	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
15	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
16	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
17	CO-12000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
18	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
19	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
20	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
21	CO-18000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
22	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
23	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
24	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
25	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
26	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
27	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
28	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
29	CO-12000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
30	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
31	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble

32	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
33	CO-18000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
34	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
35	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
36	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
37	CO-18000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
38	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
39	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
40	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
41	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
42	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
43	CO-18000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
44	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
45	CO-12000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
46	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
47	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
48	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
49	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
50	CO-12000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
51	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
52	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
53	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
54	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
55	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
56	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
57	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
58	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
59	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
60	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
61	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
62	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
63	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
64	CO-18000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
65	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble

66	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
67	CO-12000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
68	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
69	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
70	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
71	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
72	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
73	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
74	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
75	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
76	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
77	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
78	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
79	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
80	CO-12000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
81	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
82	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
83	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
84	CO-7000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
85	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
86	CO-5000-30-N4C	No frecuentado	Pica doble
87	CO-3000-30-N4C	Frecuentado	Anillo con 4 picas

Tabla 60: Resultados puesta a tierra

3.4. Distancias de seguridad

A continuación se calculan las distancias mínimas de seguridad que son de aplicación, que aparecen en el apartado 5 de la ITC-07 del RLAT. Para ello, antes de nada es preciso definir tres distancias de seguridad:

- D_{el} : Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente rápido o lento. Puede emplearse como distancia interna o externa. En el caso de la presente línea:

$$D_{el} = 1,2 \text{ m}$$

- D_{pp} : Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente rápido o lento. Es una distancia interna. En el caso de la presente línea:

$$D_{pp} = 1,4 \text{ m}$$

- a_{som} : Valor mínimo de la distancia de descarga de la cadena de aisladores, definida como la distancia más corta en la línea recta entre las partes en tensión y las partes puestas a tierra.

3.4.1. Distancia de los conductores al terreno

La altura mínima entre los conductores de fase y el terreno cuando los conductores están en condiciones de flecha máxima.

Para el cálculo de la distancia mínima el RLAT proporciona la siguiente fórmula:

$$h_{\min} = 5.3 + \frac{U_{\text{Nominal}}}{150}$$

$$h_{\min} = 5.3 + \frac{132}{150}$$

$$h_{\min} = 6.18 \text{ m}$$

Se adoptará una distancia mínima, entre conductores y terreno, de 7 m.

3.4.2. Distancia entre conductores

La separación mínima entre conductores de fase se determina según la siguiente fórmula del apartado 5.4.1 de la ITC-07 del RLAT:

$$D = K \cdot \sqrt{F + L} + K' \cdot D_{pp}$$

D: Distancia entre conductores [m]

K': Coeficiente de valor 0,75

F: Flecha máxima [m]

L: Longitud de la cadena de suspensión [m]

K: Coeficiente que depende de la oscilación

El coeficiente K depende del ángulo de oscilación, y dicho ángulo se calcula como el cociente entre la sobrecarga del viento a 120km/h entre la presión vertical del propio conductor más la sobrecarga por hielo:

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{P_v}{P_p + P_h} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{1.11 \text{ kg/m}}{0.976 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + 0.86 \frac{\text{kg}}{\text{m}}} \right) = 31.15^\circ$$

Así pues, tal y como establece el RLAT, al tener un ángulo de oscilación inferior a 40° nos corresponde una K de valor 0,6.

Realizando todos los cálculos, obtenemos los siguientes resultados:

Cantón	Vano regulador (m)	Flecha máx. (m)	Separación mínima de conductores (m)
1	186,47	5,04	2,57
2	176,86	4,66	2,52
3	204,63	5,80	2,66
4	182,43	4,88	2,55
5	156,2	3,89	2,43
6	132,97	3,11	2,32
7	141,19	3,38	2,36
8	139,33	3,32	2,35
9	238,07	7,35	2,82
10	176,76	4,66	2,52
11	252,29	8,06	2,89
12	155,41	3,87	2,42
13	148,62	3,63	2,39
14	169,12	4,37	2,49
15	181,92	4,86	2,55
16	123,11	2,80	2,28
17	117,85	2,64	2,25

Tabla 61: Separación mínima entre conductores

3.4.3. Distancia al terreno, caminos, sendas y cursos de agua no navegables

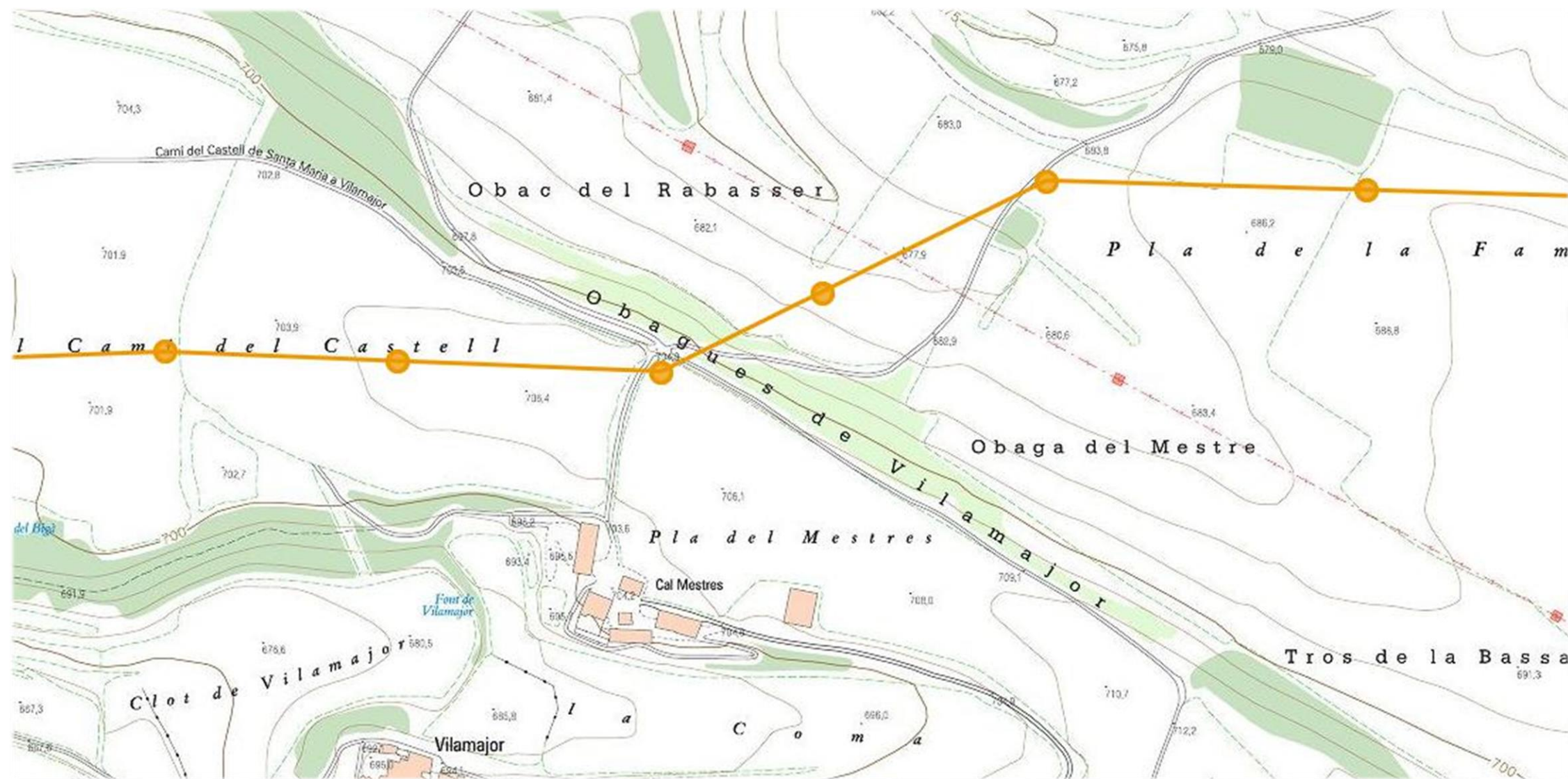
Tal y como menciona la ITC-07 del RLAT la altura mínima será de 7 metros cuando las líneas atraviesen explotaciones ganaderas cercadas o explotaciones agrícolas, con objeto de evitar accidentes por proyección de agua o por circulación de maquinaria agrícola, camiones y otros vehículos.


En nuestra línea al atravesar zonas agrícolas, nos corresponde tener una altura mínima de 7 metros.

DOCUMENTO II: PLANOS



UPC	LÍNEA AÉREA A 130 kV	Fecha: 26/04/2018	Escala: 1:5000
DIEGO OSWALDO JULCA HORNA		VISTA AÉREA	Lámina: 1/12




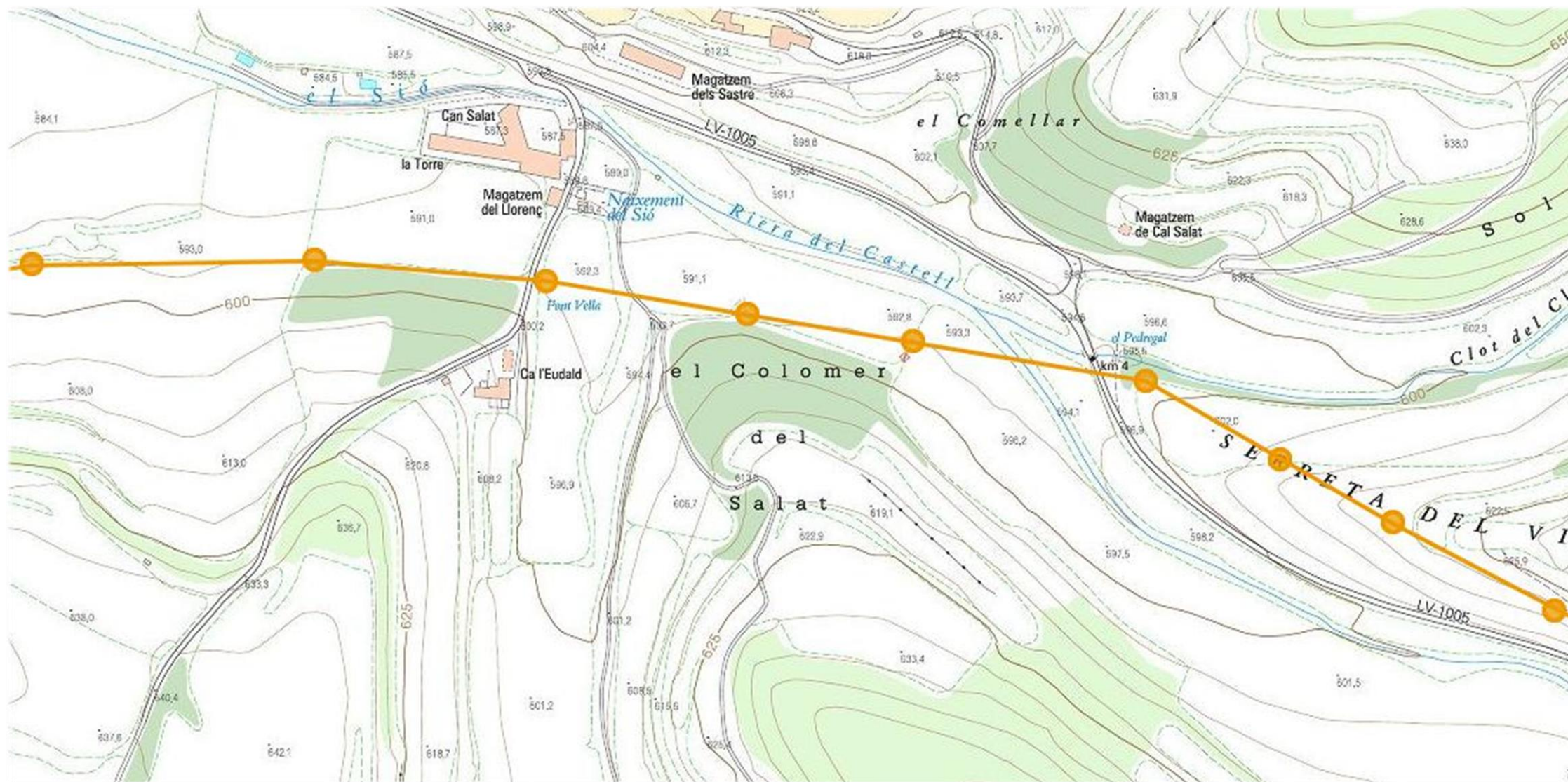
	LÍNEA AÉREA A 130 kV	Fecha: 26/04/2018	Escala: 1:5000
DIEGO OSWALDO JULCA HORNA		VISTA AÉREA	Lámina: 2/12



UPC	LÍNEA AÉREA A 130 kV	Fecha: 26/04/2018	Escala: 1:5000
DIEGO OSWALDO JULCA HORNA		VISTA AÉREA	Lámina: 3/12



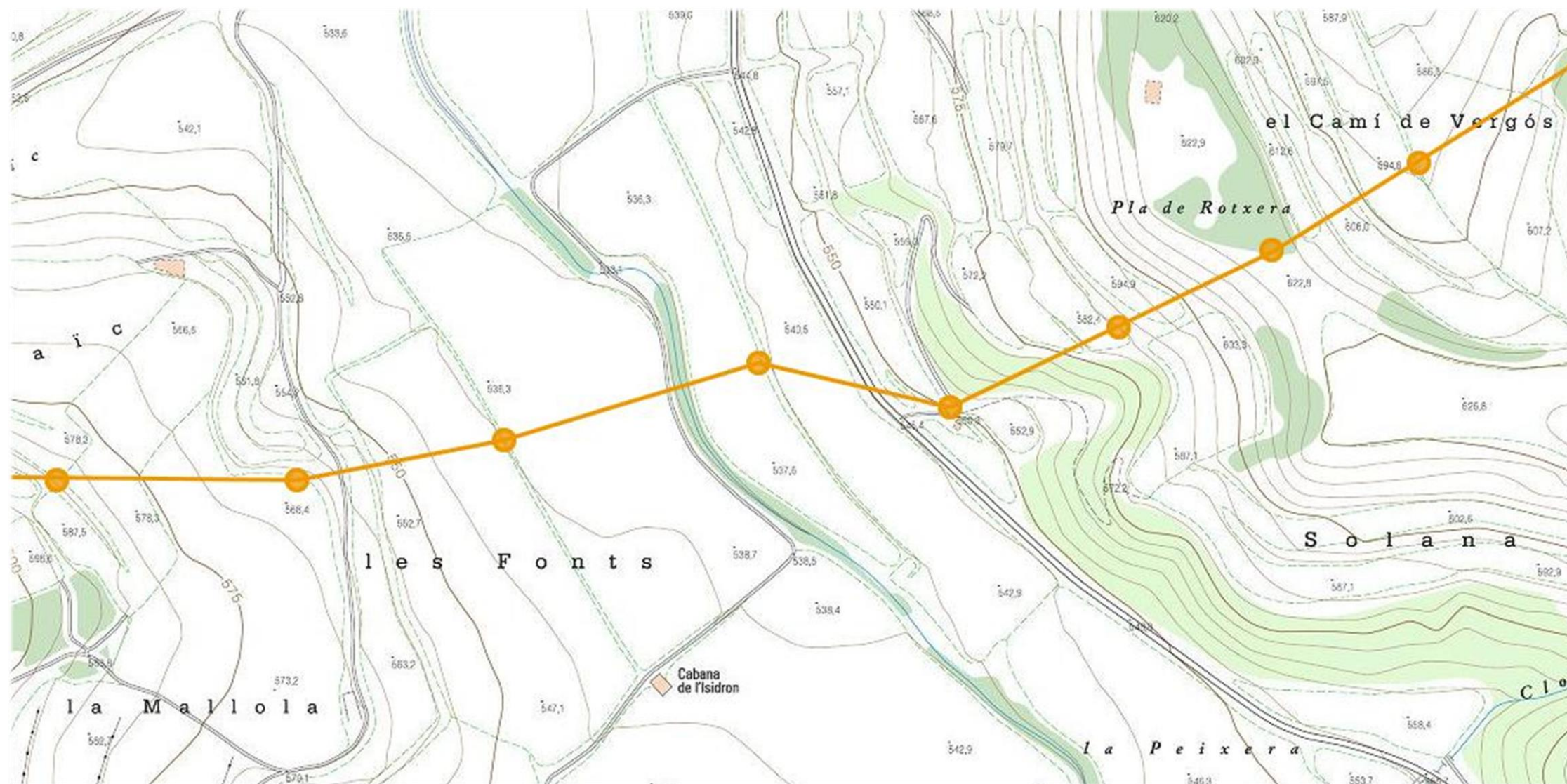
	LÍNEA AÉREA A 130 kV	Fecha: 26/04/2018	Escala: 1:5000
DIEGO OSWALDO JULCA HORNA		VISTA AÉREA	Lámina: 4/12



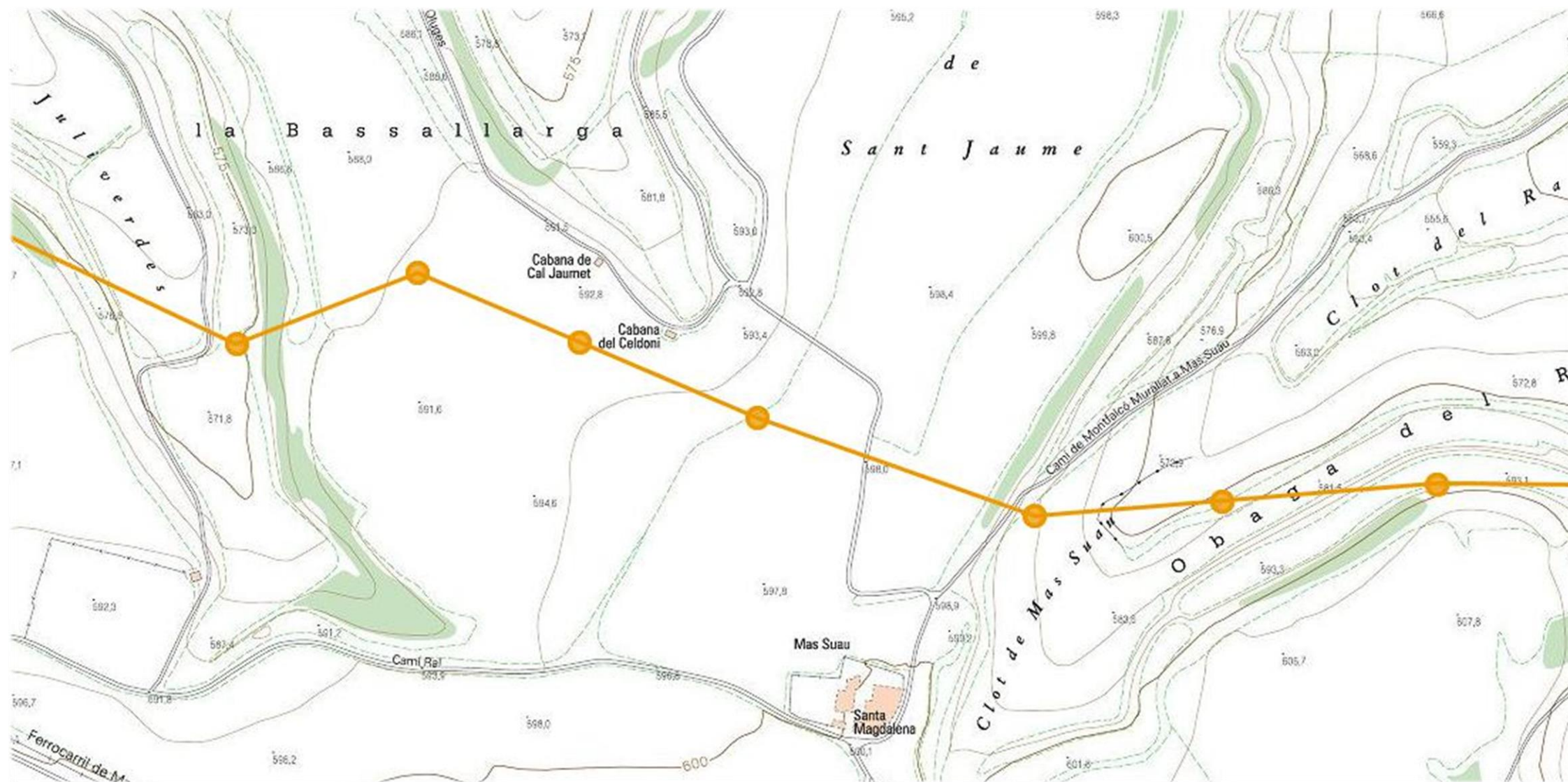
UPC	LÍNEA AÉREA A 130 kV	Fecha: 26/04/2018	Escala: 1:5000
DIEGO OSWALDO JULCA HORNA		VISTA AÉREA	Lámina: 5/12



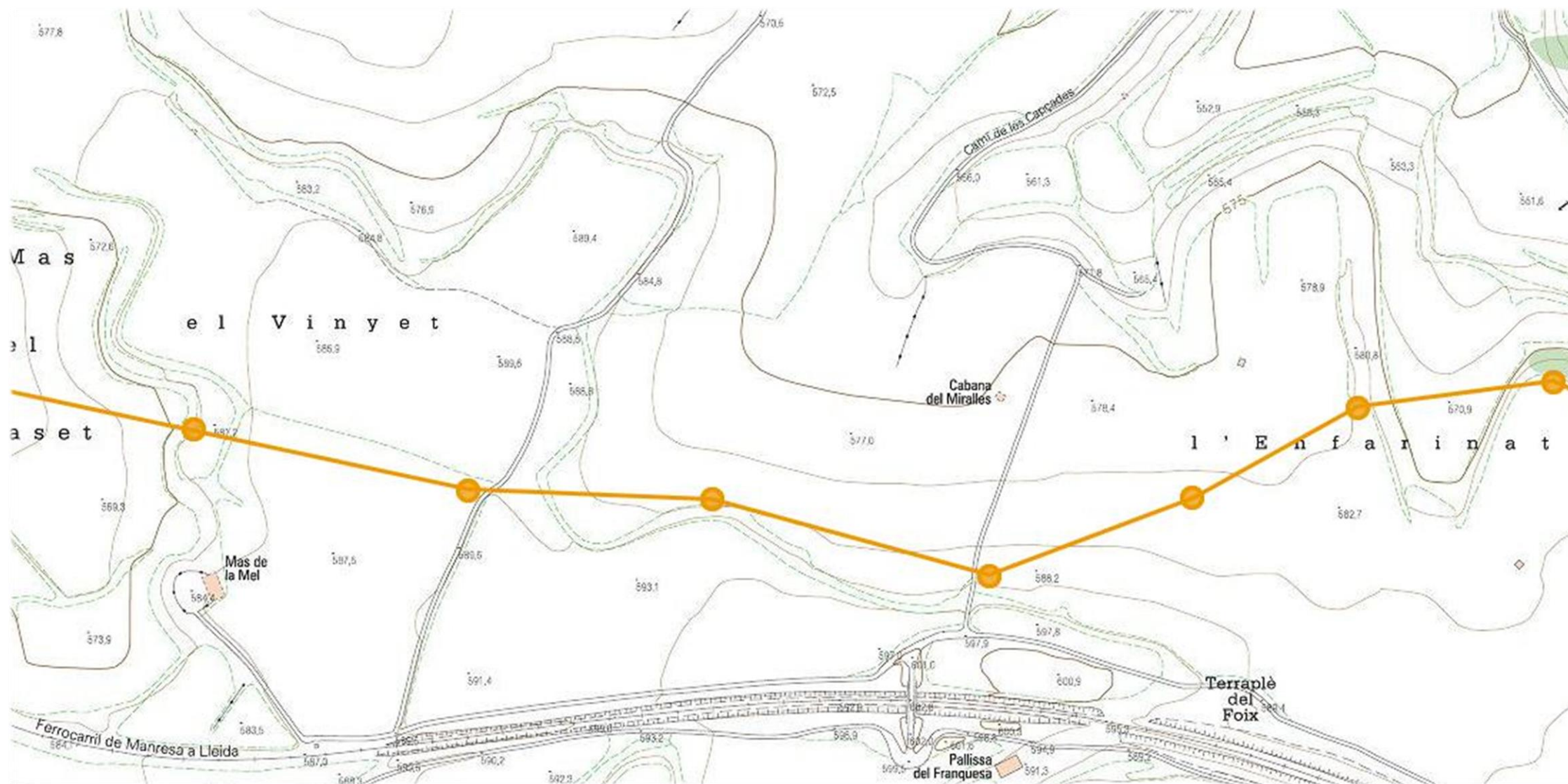
UPC	LÍNEA AÉREA A 130 kV	Fecha: 26/04/2018	Escala: 1:5000
DIEGO OSWALDO JULCA HORNA		VISTA AÉREA	Lámina: 6/12



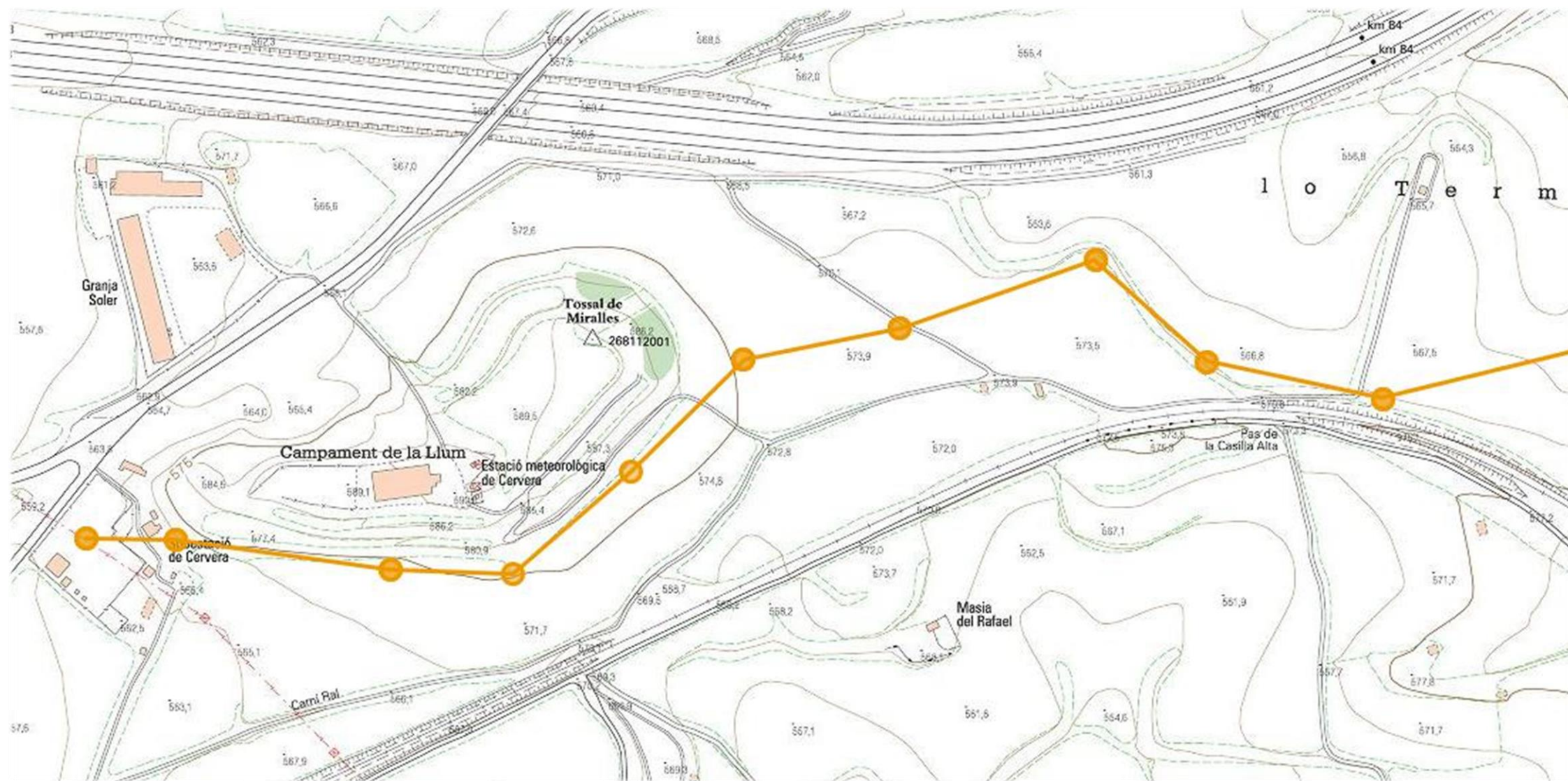
UPC	LÍNEA AÉREA A 130 kV	Fecha: 26/04/2018	Escala: 1:5000
DIEGO OSWALDO JULCA HORNA		VISTA AÉREA	Lámina: 9/12




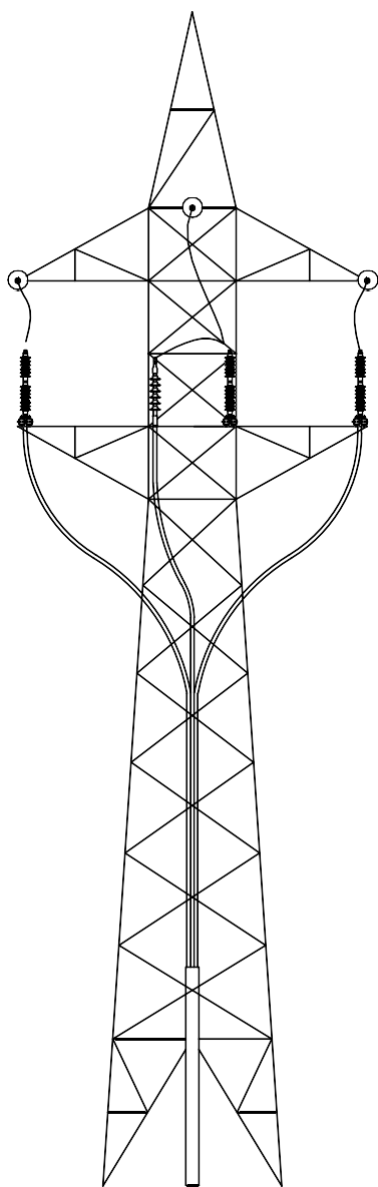
UPC	LÍNEA AÉREA A 130 kV	Fecha: 26/04/2018	Escala: 1:5000
	DIEGO OSWALDO JULCA HORNA	VISTA AÉREA	Lámina: 10/12



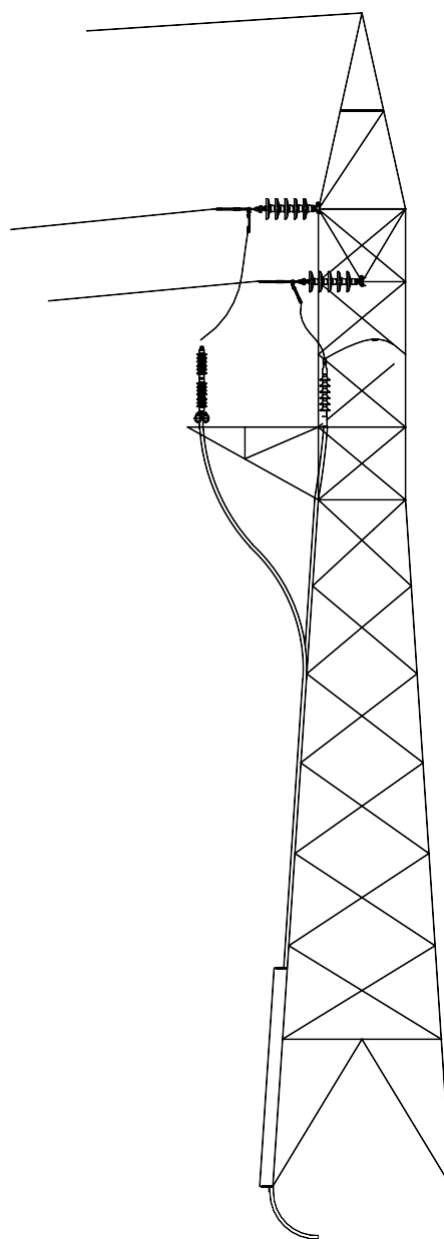
UPC	LÍNEA AÉREA A 130 kV	Fecha: 26/04/2018	Escala: 1:5000
DIEGO OSWALDO JULCA HORNA		VISTA AÉREA	Lámina: 11/12




	LÍNEA AÉREA A 130 kV	Fecha: 26/04/2018	Escala: 1:5000
DIEGO OSWALDO JULCA HORNA		VISTA AÉREA	Lámina: 12/12

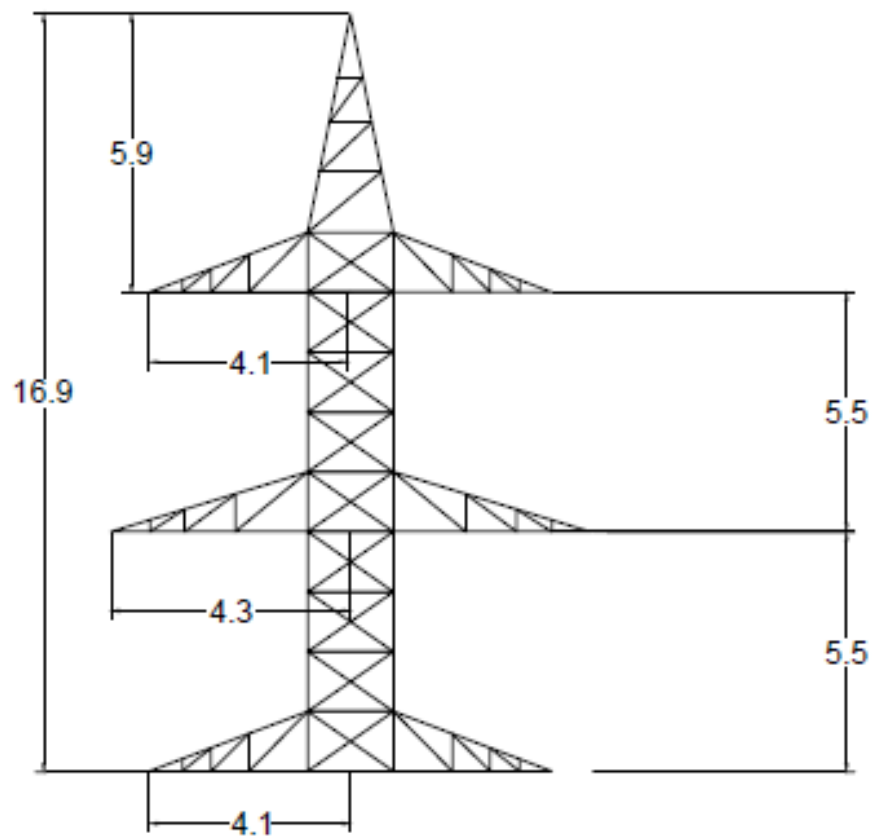


CARA FRONTAL




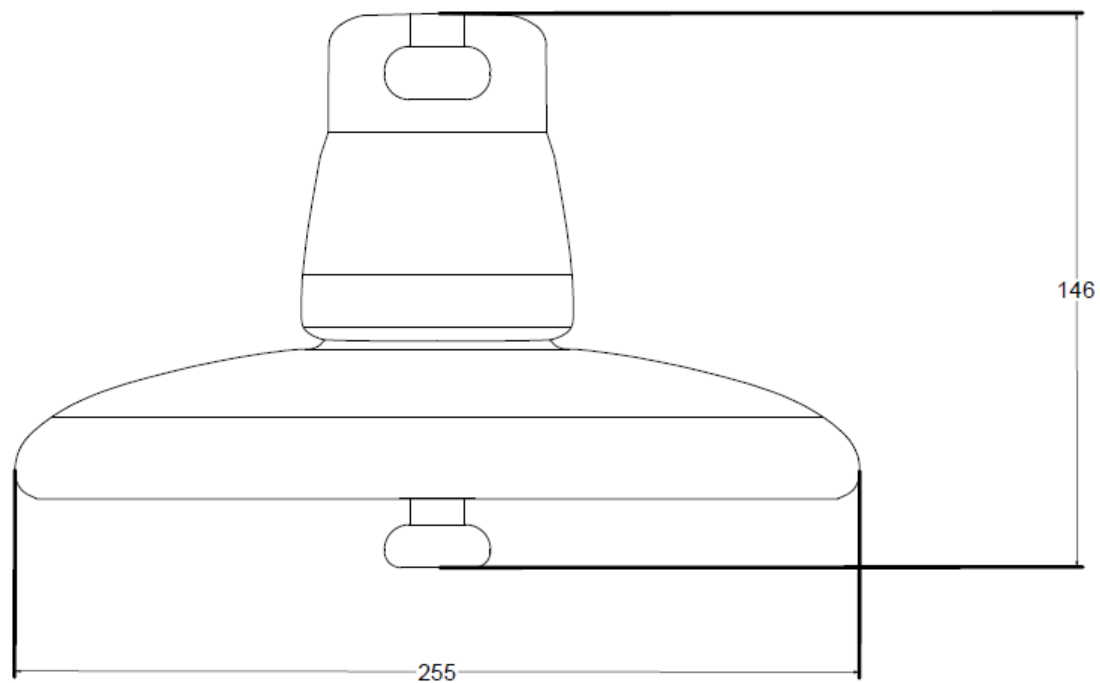
CARA LATERAL


	CADENA DE AMARRE CABLE DE GUARDA	FECHA: 26/04/2018
DIEGO OSWALDO JULCA HORNA	LÍNEA AÉREA A 130 kV	ESCALA: 1:250

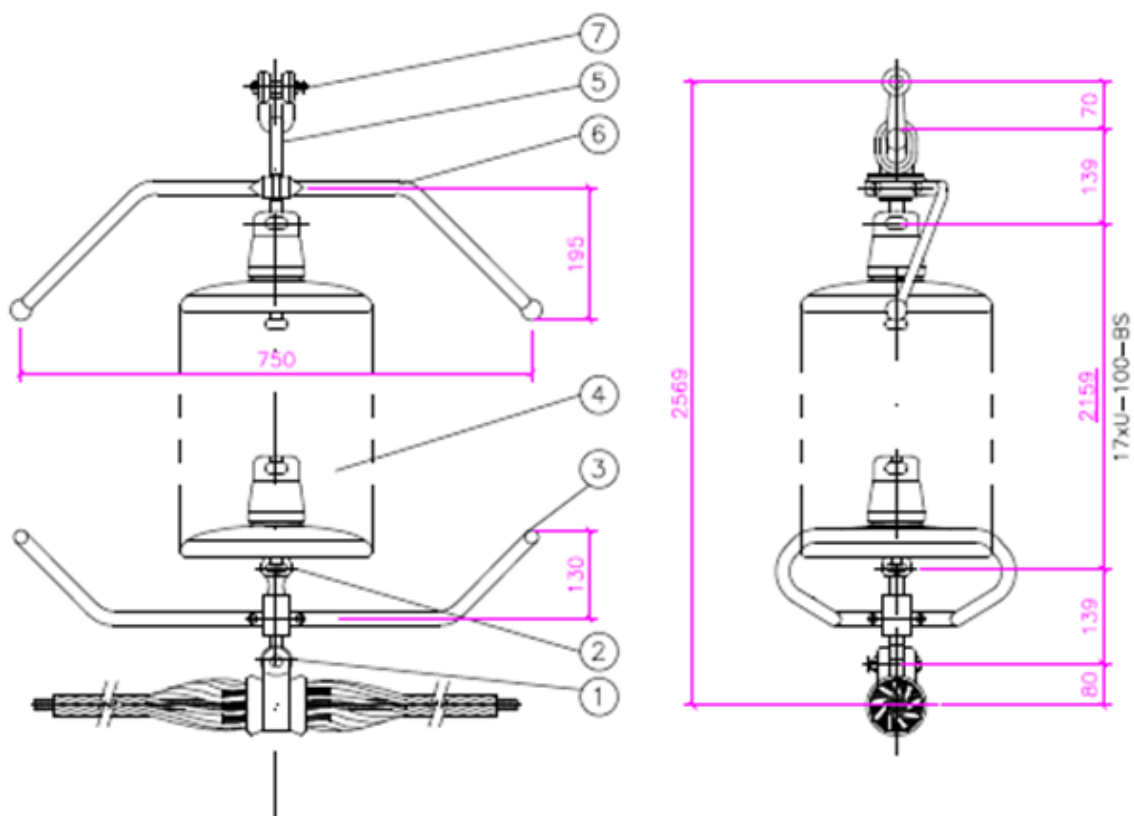


CONDOR N5C

	CABEZA TIPO CONDOR N5C	FECHA: 26/04/2018
DIEGO OSWALDO JULCA HORNA	LÍNEA AÉREA A 130 kV	ESCALA: 1:250




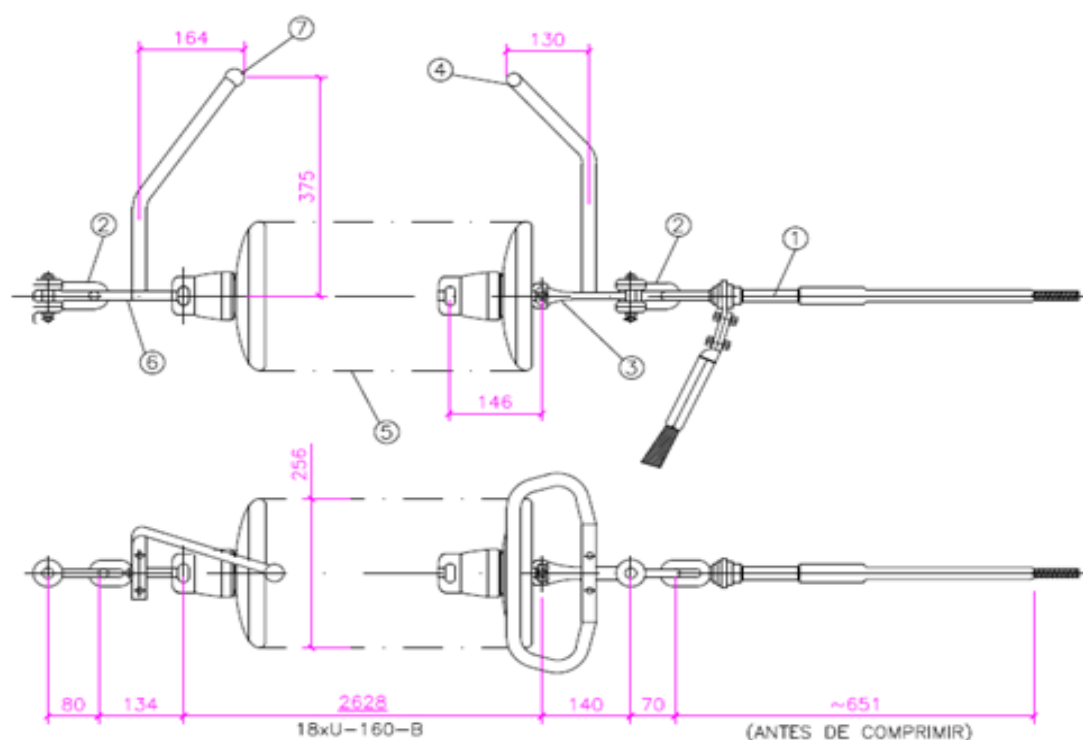
	AISLADOR E-120P-14	FECHA: 26/04/2018
DIEGO OSWALDO JULCA HORNA	LÍNEA AÉREA A 130 kV	ESCALA: 1:250



PESO APROXIMADO: 82 kg
 CARGA DE ROTURA MÍNIMA DE LA CADENA: 12.000 daN
 CARGA ROTURA MÍNIMA GRAPA: 12.000 daN
 TENSIÓN SOPORTADA A FRECUENCIA INDUSTRIAL BAJO LLUVIA: 480 kV
 TENSIÓN SOPORTADA A IMPULSO TIPO RAYO 1,2/50 μ s: 1.500 kV
 LINEA DE FUGA: 5.760 mm

POS.	CODIGO	DENOMINACIÓN
1	GAS-7/28	GRAPA SUSPENSIÓN ARMADA PARA CABLE LA-280 Hawk
2	N-243181/16	ROTULA LARGA PARA PROTECCIÓN
3	P33135x2	DESCARGADOR SUSPENSIÓN SIMPLEX INFERIOR
4	E-120P-146	AI SLADOR VIDRIO E-120P-146
5	N-242043	ANILLA BOLA PARA PROTECCIÓN AB-16P
6	P11114x2	DESCARGADOR SUSPENSIÓN SIMPLEX SUPERIOR
7	N-241030	GRILLETE NORMAL RECTO GN-16 UNESA

	CADENA DE SUSPENSIÓN DEL CONDUCTOR	FECHA: 26/04/2018
DIEGO OSWALDO JULCA HORNA	LÍNEA AÉREA A 130 kV	ESCALA: 1:250



PESO APROXIMADO: 98 kg

CARGA DE ROTURA MÍNIMA DE LA CADENA: 16.000 daN

CARGA ROTURA MÍNIMA GRAPA: 16.000 daN

TENSIÓN SOPORTADA A FRECUENCIA INDUSTRIAL BAJO LLUVIA: 480 kV

TENSIÓN SOPORTADA A IMPULSO TIPO RAYO 1,2/50 µs: 1.500 kV

LINEA DE FUGA: 5.760 mm

LONGITUD APROX: 3052 mm

POS.	CODIGO	DENOMINACIÓN
1	-	GRAPA AMARRE COMPRESIÓN PARA CABLE LA-280 Hawk
2	N-241031	GRILLETE NORMAL RECTO GN-20 / TORNILLO M-18
3	R-42631	ROTULA LARGA PARA PROTECCIÓN RP-20
4	P43135	DESCARGADOR AMARRE SIMPLEX INFERIOR
5	E-120P-146	AISLADOR VIDRIO E-120P-146
6	N-242079/60	ANILLO BOLA PARA PROTECCIÓN AB-20P
7	P21114	DESCARGADOR AMARRE SIMPLEX SUPERIOR



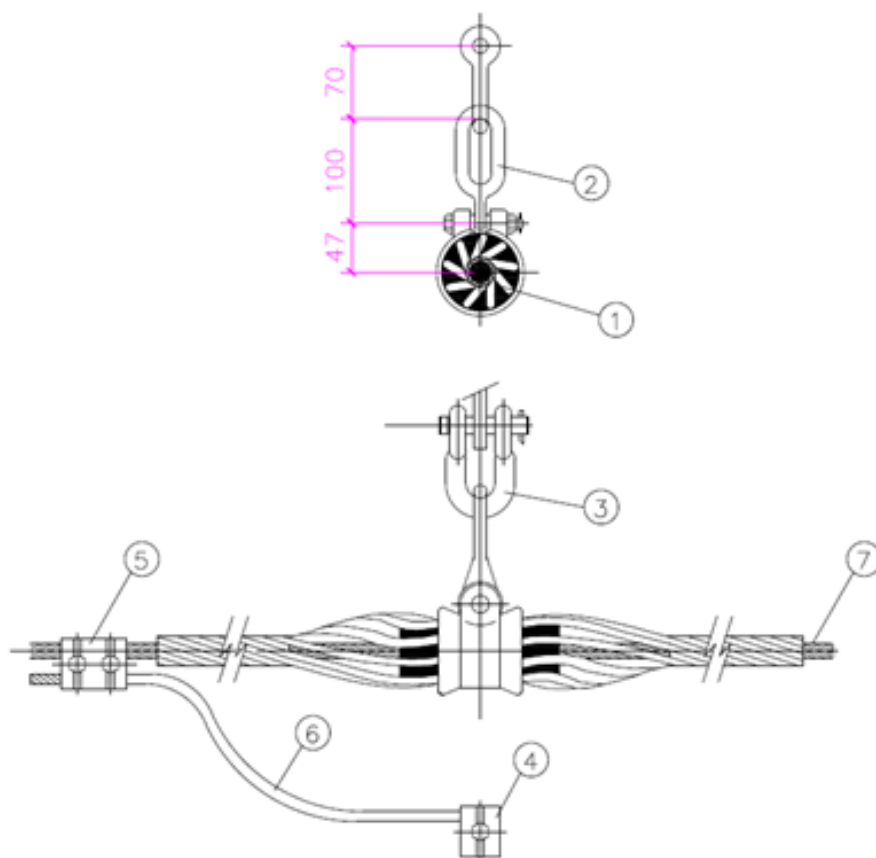
CADENA DE AMARRE DEL CONDUCTOR

FECHA: 26/04/2018

DIEGO OSWALDO JULCA HORNA

LÍNEA AÉREA A 130 kV

ESCALA: 1:250



PESO APROXIMADO: 4,5 kg

CARGA DE ROTURA MÍNIMA DE LA CADENA: 12.500 daN

CARGA ROTURA MÍNIMA GRAPA: 8.500 daN

POS.	CODIGO	DENOMINACIÓN
1	590216	GRAPA GSA PARA CABLE F.O. 14/18 mm
2	2129	ESLABON REVIRADO ER-16
3	N-241030	GRILLETE NORMAL RECTO GN-16 UNESA
4	230013/2	GRAPA CONEXIÓN SENCILLA PARA CABLE ALUMINIO
5	259111	GRAPA CONEXIÓN UNIVERSAL PARALELA CABLE ALUMINIO
6	-	CABLE AL-AC
7	-	CABLE FIBRA OPTICA OPGW48



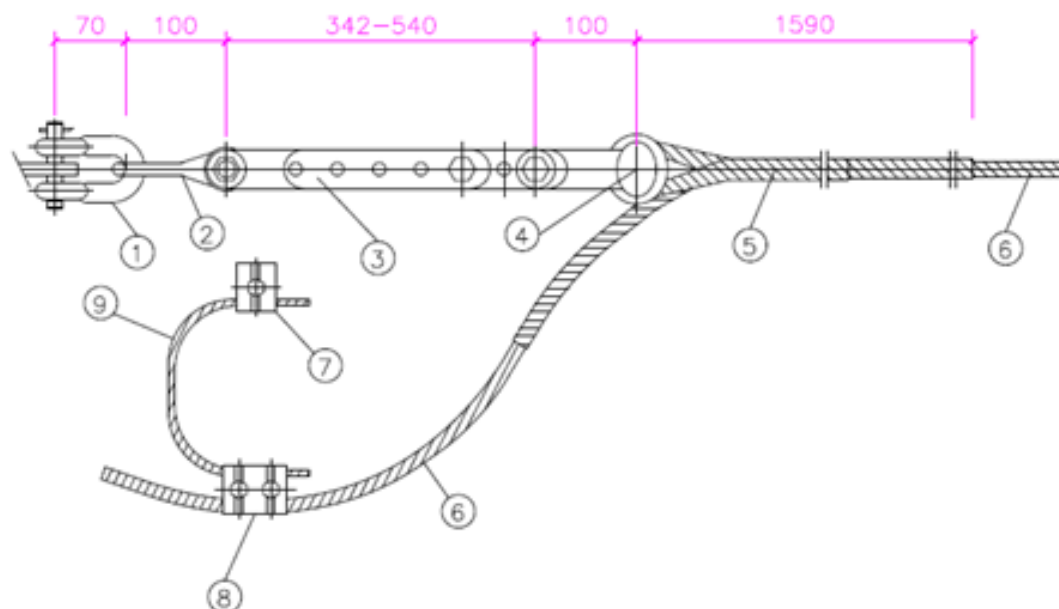
CADENA DE SUSPENSIÓN DEL CABLE DE GUARDA

FECHA: 26/04/2018

DIEGO OSWALDO JULCA HORNA

LÍNEA AÉREA A 130 kV

ESCALA: 1:250



PESO APROXIMADO: 9,3 kg

CARGA DE ROTURA MÍNIMA DE LA CADENA: 12.500 daN

CARGA ROTURA MÍNIMA DEL PREFORMADO: 90% CARGA ROTURA CABLE OPGW48

POS.	CODIGO	DENOMINACIÓN
1	N-241030	GRILLETE NORMAL RECTO GN-16 UNESA
2	2129	ESLABON REVIRADO ER-16
3	249026	TENSOR CORREDERA TC-16
4	SW1121	HORQUILLA GUARDACABOS HC-16
5	-	RETENCIÓN PREF. AMARRE CABLE OPGW48 13/16mm
6	-	CABLE FIBRA OPTICA OPGW48
7	230013/2	GRAPA CONEXIÓN SENCILLA PARA CABLE ALUMINIO
8	259111	GRAPA CONEXIÓN UNIVERSAL PARALELA CABLE ALUMINIO
9	-	CABLE AL-AC



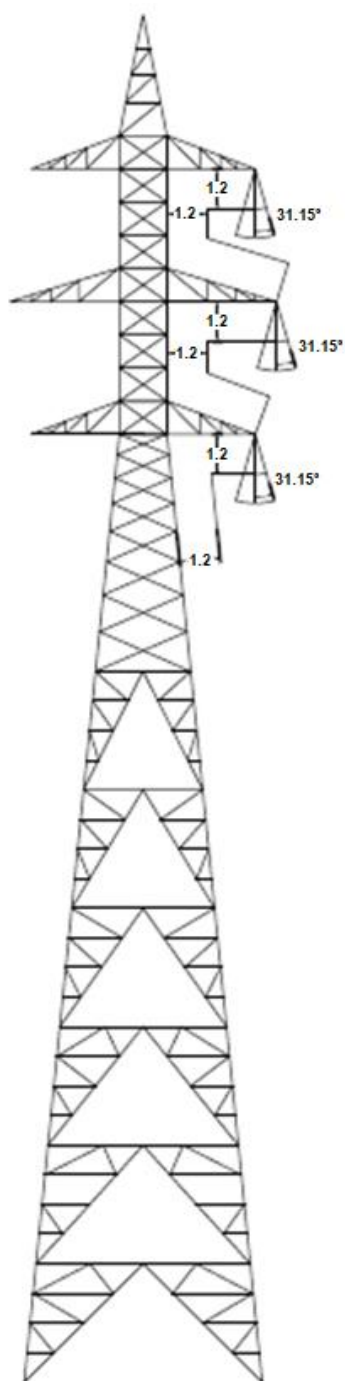
CADENA DE AMARRE DEL CABLE DE GUARDA


FECHA: 26/04/2018

DIEGO OSWALDO JULCA HORNA

LÍNEA AÉREA A 130 kV

ESCALA: 1:250



	DISTANCIAS DE SEGURIDAD EN APOYO	FECHA: 26/04/2018
DIEGO OSWALDO JULCA HORNA	LÍNEA AÉREA A 130 kV	ESCALA: 1:250

DOCUMENTO III: PLIEGO DE CONDICIONES

1. Línea aérea

1.1. Objeto y campo de aplicación

Este pliego de condiciones tiene por objeto la definición de los requisitos que han de cumplir el suministro e instalación de los materiales necesarios en la construcción de la presente línea aérea de alta tensión de 130 kV.

1.2. Replanteo y medición

El director de obra, una vez que el contratista esté en posesión del proyecto y antes de comenzar las obras, deberá hacer el replanteo de las mismas, con especial atención en los puntos singulares, entregando al contratista las referencias y los datos necesarios para fijar completamente la ubicación de los mismos.

Se levantará por duplicado Acta, en la que constarán claramente los datos entregados, firmado por el director de obra y por el representante del contratista. Los gastos de replanteo serán cuenta del contratista.

1.3. Ejecución del trabajo

Corresponde al contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberán realizarse conforme a las reglas de la buena práctica.

1.3.1. Apertura de pozos

Los trabajos comprendidos en este epígrafe son los siguientes:

- Excavación: Se refiere a la excavación necesaria para los macizos de las fundaciones de los apoyos, en cualquier clase de terreno. Esta unidad de obra comprende la retirada de tierra y relleno de la excavación resultante después del hormigonado, suministro de explosivos, agotamiento de aguas, entibado y cuantos elementos sean en cada caso necesarios para su ejecución.
- Explanación: Comprende la excavación a cielo abierto, con el fin de dar salida a las aguas y nivelar el terreno en el que se coloca el apoyo, comprendiendo el suministro de explosivos, herramientas y cuantos elementos sean necesarios para su ejecución.

Las dimensiones de las excavaciones se ajustarán lo más posible a las dadas en el proyecto o en su defecto las indicadas por la dirección técnica. Las paredes de los hoyos serán verticales.

Si por cualquier causa se originase un aumento en el volumen de la excavación, ésta será por cuenta del contratista, certificándose solamente el volumen teórico. Cuando sea necesario variar las dimensiones de la excavación, se hará de acuerdo con la dirección técnica.

El contratista tomará las disposiciones convenientes para dejar abiertas el menor tiempo posible las excavaciones, con objeto de evitar accidentes. Las excavaciones de los fosos para las cimentaciones deberán ejecutarse de tal forma que no queden fosos abiertos a una distancia de más de 3km por delante del equipo encargado del hormigonado o del equipo de izado de apoyos según queden o no hormigonados los apoyos. En el caso de que, por naturaleza de la obra, esto no se pueda cumplir, deberá ser consultada la dirección técnica. En cualquier caso, los hoyos que queden abiertos de una jornada a la siguiente, deberán ser protegidos mediante cercas o cubiertos con tablas, con el fin de evitar accidentes. Si a causa de la constitución del terreno o por causas atmosféricas los fosos amenazasen con derrumbarse, deberán ser entibados, tomándose las medidas de seguridad necesarias para evita el desprendimiento del terreno y que éste sea arrastrado por las aguas. En el caso de que penetrase agua en fosos, ésta deberá ser achicada antes del relleno de hormigón.

Cuando se efectúen trabajos de desplazamiento de tierras, la capa vegetal arable será separada de forma que pueda ser colocada después en su yacimiento primitivo, volviéndose a dar de esta forma su estado de suelo cultivable. La tierra sobrante de las excavaciones deberá retirarse allanando y limpiando el terreno circundante al apoyo. Dicha tierra deberá ser transportada a un vertedero autorizado.

En terrenos inclinados, se efectuará una explanación del terreno, al nivel correspondiente a la estaca central. Como regla general se estipula que la profundidad de la excavación debe referirse al nivel medio antes citado. La explanación se prolongará hasta 30cm, como mínimo, por fuera de la excavación, prolongándose después con el talud natural de tierra circundante, con el fin de que los montantes del apoyo no queden recubiertos de tierra.

Las excavaciones se realizaran con útiles apropiados según el tipo de terreno. En terrenos rocosos será imprescindible el uso de explosivos o martillo compresor, siendo por cuenta del contratista la obtención de los permisos de utilización de explosivos. En terrenos con agua deberá precederse a su desecado, procurando hormigonar después lo más rápidamente posible para evitar el riesgo de desprendimiento en las paredes de la zanja, aumentando así las dimensiones del mismo.

Cuando se empleen explosivos para la apertura de fosos, su manipulación, almacenaje, transporte, etc., deberá ajustarse en todo a las disposiciones vigentes en cada momento respecto a esta clase de trabajos. En la excavación con empleo de explosivos, el contratista deberá tomar las precauciones adecuadas para que, en el momento de la explosión, no se proyecten al exterior piedras que puedan provocar accidentes o desperfectos, cuya responsabilidad correría a cargo del contratista. Igualmente se cuidará que la roca no sea dañada, debiendo arrancarse todas aquellas piedras movedizas que no formen bloques con la roca, o que no estén suficientemente empotradas en el terreno.

1.3.2. Transporte y acopio a pie de pozo

Los apoyos no serán arrastrados ni golpeados. Se tendrá cuidado en su manipulación ya que un golpe puede torcer o romper cualquiera de los perfiles que lo componen, en cuyo caso deberán ser reparados antes de su izado o armado.

El contratista tomará nota de los materiales recibidos dando cuenta al director de obra de las anomalías que se produzcan.

Cuando se transporten apoyos despiezados es conveniente que sus elementos vayan numerados, en especial las diagonales. Por ninguna causa los elementos que componen el apoyo se utilizarán como palanca.

1.3.3. Cimentaciones

Comprende el hormigonado de los macizos de las fundaciones, incluido el transporte y suministro de todos los áridos y demás elementos necesarios a pie de zanja, el transporte y la colocación de los anclajes y plantillas, así como la correcta nivelación de los mismos.

Si en el momento de realizar las excavaciones se apreciase que las características del terreno difieren a las indicadas en el proyecto, el contratista lo comunicará al director de obra, siendo éste el que autorice a un redimensionamiento nuevo de la cimentación.

Las cimentaciones se realizarán de acuerdo a lo expuesto en los planos de cimentaciones y conforme a la "Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)", empleando un hormigón HM-25/B/20/Ila. Esta definición se corresponde con un hormigón en masa y estructural. Lo que determina una resistencia mínima de 25 N/mm² según la EHE-08. La consistencia será blanda y el tamaño máximo de árido empleado será de 20. Con referencia a la clase general de exposición se especifica una de tipo Ila, correspondiente a humedades altas.

El amasado del hormigón se realizará con hormigonera, procurando que la mezcla sea lo más homogénea posible. Tanto el cemento como los áridos serán medidos con elementos apropiados:

1.3.3.1. Arena y grava

La arena puede proceder de ríos, arroyos y canteras. Debe ser limpia, sin impurezas orgánicas, arcillosas, carbón, escorias, yeso, mica o feldespatos. Se dará preferencia a la arena cuarzosa, la de origen calizo, siendo preferibles las arenas de superficie áspera o angulosa. No se pueden emplear arenas con contenido de sulfuros oxidables.

En todo caso los áridos cumplirán con lo expuesto en el artículo 28 de la EHE-08. Y deberán llegar a la obra manteniendo las características granulométricas de cada una de sus fracciones.

1.3.3.2. Cemento

Los cementos utilizados deberán cumplir con lo establecido en el artículo 26 de la EHE-08.

1.3.3.3. Agua

Son admisibles, sin necesidad de ensayos previos, todas las aguas que sean potables y aquellas que procedan de río o manantial, a condición de que su mineralización no sea excesiva.

Se prohíbe el uso de aguas que procedan de ciénagas, o estén muy cargadas de sales carbonosas o selenitosas. Podrán rechazarse las aguas que no cumplan con lo expuesto en el artículo 27 de la EHE-08.

1.3.3.4. Hormigón

La fabricación del hormigón se realizará según lo establecido en el artículo 71 de la EHE-08, ya sea en fábrica o in situ mediante hormigonera. Se comprobará el contenido de humedad de los áridos, para corregir, en caso necesario, la cantidad de agua vertida en la hormigonera.

1.3.3.5. Ejecución

En tiempo de heladas deberán suspenderse los trabajos de hormigonado; no obstante, si la urgencia de la obra lo requiere, podrá proseguirse con el hormigonado, siempre con la autorización de la dirección de obra y tomando las debidas precauciones, tales como cubrir el hormigón que está fraguando por medio de sacos, pata, etc. Se podrán igualmente utilizar aditivos anticongelantes que deberán ser autorizados por el director de obra.

La manera de ejecutar la cimentación será la siguiente:

- Se echará primeramente una capa de hormigón seco fuertemente apisonado, de 10cm de espesor, de manera que se conserve la distancia marcada en el plano desde la superficie al terreno hasta la capa de hormigón.
- Al día siguiente se colocará sobre esa capa la base del apoyo, nivelando cuidadosamente el plano de unión de la base con la estructura exterior del apoyo e inmovilizándola mediante un dispositivo adecuado.
- Cuando se trate de apoyos de ángulo o final de línea, se dará a la superficie de la base una inclinación del 0,5 al 1% en sentido opuesto a la resultante de las fuerzas producidas por conductores y cable de guarda.
- Después se rellenará de hormigón el foso, vertiendo el hormigón suavemente y por medio de un canal de chapa de gran pendiente en capas de 20 a 30 cm y vibrándolo a continuación. Durante el vertido del hormigón se prestará especial atención en no golpear el anclaje para no desnivelarlo. Una vez iniciado el hormigonado de un macizo, no se interrumpirá éste hasta que no esté totalmente terminado.

No podrá retirarse la plantilla hasta pasadas 24 horas de la terminación del hormigonado. Este plazo será de 48 horas en el caso de utilización de cementos puzolánicos o siderúrgicos. Durante el fraguado y primer periodo de endurecimiento del hormigón, deberá asegurarse el mantenimiento de la humedad mediante un adecuado curado tal y como se indica en el artículo 71 de la EHE-08.

En aquellos apoyos donde sea necesario, por indicarse en los planos del proyecto o porque lo solicite la dirección de obra, el contratista estará obligado a la construcción de recrecidos de hormigón armado. Dichos recrecidos se ejecutarán sin junta con hormigón de las mismas características que el empleado en el resto de la cimentación. Las armaduras serán suministradas por el contratista de acuerdo con los planos.

Los encofrados podrán ser de madera o chapa y se ejecutarán de manera que quede asegurada la estanqueidad de los mismos con el fin de evitar fugas de la lechada de cemento. Si son de madera, ésta tendrá una superficie lisa y se humedecerá suficientemente con agua antes de comenzar el hormigonado. En caso de utilizarse encofrados de chapa, se podrán utilizar desencofrantes de calidad verificada, que serán sometidos a la aprobación del director de obra. Se cuidará la verticalidad de los encofrados y que éstos no se muevan durante su relleno. Estos recrecidos se realizarán de forma que las superficies vistas queden bien terminadas.

En aquellos apoyos que por las especiales características del terreno donde se asienten (roca, aluvión, etc.) sea aconsejable utilizar una cimentación especial, la dirección de obra estudiará la solución más adecuada y facilitará al contratista toda la información necesaria para su correcta ejecución.

1.3.4. Armado e izado de los apoyos

Los trabajos comprendidos en este apartado son el armado, izado y aplomado de los apoyos, incluido la colocación de crucetas y el anclaje, así como el conjunto de herramientas y todos los medios necesarios para esta operación.

Antes del montaje en serie de los apoyos, se deberá realizar un muestreo de al menos el 10%, montándose éstos con el fin de comprobar si tienen un error sistemático de construcción que convenga ser corregido por el constructor de los apoyos, con el suficiente tiempo.

El armado de estos apoyos se realizará teniendo presente la concordancia de diagonales y presillas. Cada uno de los elementos metálicos del apoyo será ensamblado y fijado por medio de tornillos con arreglo a los planos de montaje suministrados por el fabricante de los mismos.

Cuando la torre se monte sobre el suelo, se hará sobre un terreno sensiblemente horizontal y perfectamente nivelado con calces de madera a fin de que no se produzcan deformaciones en las barras.

El apriete de los tornillos con la torre en el suelo no será el máximo, el cual se realizará una vez izado el apoyo. Así mismo, los tornillos se montarán con la tuerca hacia el exterior de la torre.

Si en el curso del montaje aparecen dificultades de ensambladura o defectos sobre algunas piezas que necesiten su sustitución o su modificación, el contratista lo notificará a la dirección técnica.

No se empleará ningún elemento metálico doblado, torcido, etc. Sólo podrán enderezarse previo consentimiento del director de obra. En el caso de rotura de barras y rasgado de taladros, por cualquier causa, el contratista tiene obligación de proceder al cambio de los elementos rotos, previa autorización de la dirección técnica.

El procedimiento de izado será determinado por el contratista, el cual deberá contar con la aprobación de la dirección técnica. Todas las herramientas que se utilicen se hallarán en perfectas condiciones de conservación y serán las adecuadas.

En el montaje e izado de los apoyos, como observación principal de realización, ha de tenerse en cuenta que ningún elemento sea solicitado por esfuerzos capaces de producir deformaciones permanentes. Se recomienda el izado con pluma o grúa, evitando que el aparejo dañe las aristas o los montantes del poste.

Después de su izado y antes del tendido de los conductores, se apretarán los tornillos dando a las tuercas la presión correcta mediante empleo de llaves dinamométricas. Los tornillos deberán sobresalir de las tuercas, por lo menos, tres pasos de rosca. El apoyo deberá quedar vertical, salvo en los apoyos de fin de línea o ángulo, que presentará una inclinación del 0,5 al 1% en sentido opuesto a la resultante de los esfuerzos producidos por los conductores. En ambas posición es se admitirá una tolerancia del 0,2%.

Finalmente, una vez que se haya comprobado el perfecto montaje del apoyo, se procederá al graneteado de la tornillería (tres granetazos a 120°), con el fin de impedir que se aflojen.

Terminadas todas las operaciones anteriores, y antes de proceder al tendido de los conductores, el contratista dará aviso para que los apoyos montados sean recepcionados por la dirección técnica.

1.3.5. Protección de las superficies metálicas

Todos los apoyos tendrán protección por galvanizado en caliente. El galvanizado por inmersión en caliente se hará de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 1461:1999.

La superficie presentará una galvanización lisa adherente, uniforme, sin discontinuidad y sin manchas.

1.3.6. Tendido, empalme, tensado y retencionado

Los trabajos reflejados en este apartado son los siguientes:

- Colocación de los aisladores y herrajes de sujeción de los conductores
- Tendido de los conductores y cables de tierra, tensado inicial, regulado y engrapado de los mismos.

Comprende igualmente el suministro de herramientas y demás medios necesarios para estas operaciones, así como su transporte a lo largo de la línea.

1.3.6.1. Colocación de aisladores

La manipulación de aisladores y de los herrajes auxiliares de los mismos se realizará con el mayor cuidado y se limpiarán antes de su montaje definitivo en los apoyos.

Se tomarán las debidas precauciones para que los distintos elementos que componen la cadena no sufran golpes, ni entre ellos ni contra superficies duras, y su manejo se hará de forma que no sufran esfuerzos de flexión.

1.3.6.2. Tendido de los conductores y cable de tierra

No se comenzará el tendido de un cantón si todos los postes de éste no están recepcionados. De cualquier forma, las operaciones de tendido no serán emprendidas hasta que hayan pasado 15 días desde la terminación de la cimentación de los apoyos de ángulo y amarre, salvo indicación en contrario de la dirección técnica.

El tendido de los conductores y cable de tierra debe realizarse de tal forma que se eviten torsiones, nudos, aplastamientos o roturas de alambres, roces en el suelo, apoyos o cualquier otro obstáculo. Las bobinas no deben nunca ser rodadas sobre un terreno con asperezas o cuerpos duros susceptibles de estropear los cables, así como tampoco deben colocarse en lugares con polvo o cualquier otro cuerpo extraño que pueda introducirse entre los conductores y cable de tierra.

Antes del tendido se instalarán los pórticos de protección para cruces de carreteras, ferrocarriles, líneas de alta tensión, etc. Para el tendido se instalarán poleas con garganta de madera o aluminio con objeto de que el rozamiento sea mínimo.

Durante el tendido se tomarán todas las precauciones posibles, tales como arriostramiento, para evitar deformaciones o fatigas anormales de crucetas, apoyos y cimentaciones, (en particular en los apoyos de ángulo y anclaje).

Se dispondrán, al menos, de un número de poleas igual a tres veces el número de vanos del cantón más grande. Las gargantas de las poleas de tendido serán de aleación de aluminio, madera o teflón y su diámetro como mínimo 20 veces el del conductor.

Cuando se haga el tendido sobre vías de comunicación, se establecerán protecciones especiales, de carácter provisional, que impida la caída de dichos conductores sobre las citadas vías, permitiendo al mismo tiempo el paso por las mismas sin interrumpir la circulación. Estas protecciones, aunque de carácter provisional, deben soportar con toda seguridad los esfuerzos anormales que por accidentes puedan actuar sobre ellas. En caso de cruce con otras líneas (A.T., B.T. o de comunicaciones) también deberán disponerse las protecciones necesarias de manera que exista la máxima seguridad y que no se dañen los conductores durante su cruce. Cuando haya que dejar sin tensión una línea para ser cruzada, deberán estar preparadas todas las herramientas y materiales con el fin de que el tiempo de corte se reduzca al mínimo y no se cortarán hasta que todo esté preparado.

Cuando el cruzamiento sea con una línea eléctrica, una vez conseguido que el propietario de la línea la corte, se tomarán las siguientes precauciones:

- Comprobar que estén abiertas, con corte visible, todas las fuentes de tensión, mediante interruptores y seccionadores que aseguren la imposibilidad de un cierre intempestivo.
- Comprobar el enclavamiento o bloqueo, si es posible, de los aparatos de corte.
- Reconocimiento de la ausencia de tensión
- Poner a tierra y en cortocircuito todas las posibles fuentes de tensión
- Colocar señales de seguridad adecuadas delimitando las zonas de trabajo.

Para poder cumplimentar los puntos anteriores, el contratista deberá disponer, y hacer uso, de detector de A.T. adecuado y de tantas puestas a tierra y en cortocircuito como posibles fuentes de tensión.

Si existe arbolado que pueda dañar a los conductores y cable de tierra, y éstos a su vez a los árboles, dispondrán de medios especiales para que esto no ocurra. Durante el tendido, en todos los puntos de posible daño al conductor, el Contratista deberá desplazar a un operario con los medios necesarios para que aquél no sufra daños.

Si durante el tendido se producen roturas de venas del conductor, el contratista deberá consultar con la dirección técnica la clase de reparación que se debe ejecutar.

Los empalmes de los conductores podrán efectuarse por el sistema de manguitos de torsión, máquinas de husillo o preformados, según indicación previa de la dirección técnica y su colocación se realizará de acuerdo con las disposiciones contenidas en el vigente Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión. Todos los empalmes deberán ser cepillados cuidadosamente para asegurar la perfecta limpieza de las superficies a unir, no debiéndose apoyar sobre la tierra estas superficies limpias, para lo que se recomienda la utilización de tomas.

Los empalmes del cable de tierra se realizarán en caja de empalme dispuesta a tal efecto en parte baja de apoyo. El cable de tierra se fijará a herraje sujeto a montante de apoyo de manera que se realizará entrada y salida en la citada caja. Se realizará informe final de reflectometría que el Contratista entregará a Dirección Facultativa.

El Contratista será el responsable de las averías que se produzcan por la no observancia de estas prescripciones.

1.3.6.3. Tensado, regulado y engrapado de los conductores y cable de guarda

Previamente al tensado de los conductores y cable de tierra, deberán ser venteados los apoyos primero y último del cantón, de modo que se contrarresten los esfuerzos debidos al tensado.

Los mecanismos para el tensado de los cables podrán ser los que la empresa contratista estime, con la condición de que se coloquen a distancia conveniente del apoyo de tense, de tal manera que el ángulo que formen las tangentes del cable a su paso por la polea no sea inferior a 150°.

La dirección técnica facilitará al contratista, para cada cantón, el vano de regulación y las flechas de este vano para las temperaturas habituales en esa época, indicando los casos en que la regulación no pueda hacerse por tabllas y sea necesario el uso de taquímetro.

Antes de regular el cable se medirá su temperatura con un termómetro de contacto, poniéndolo sobre el cable durante 5 minutos.

El contratista facilitará a la dirección técnica, para su comprobación, la altura mínima de los conductores y cable de tierra, en el caso más desfavorable de toda la línea, indicando la temperatura a que fue medida. Facilitará los mismos datos en todos los vanos de cruzamiento.

El afino y la comprobación del regulado se realizarán siempre por la flecha.

En el caso de cantones de varios vanos, después del tensado y regulado de los conductores y cable de tierra, se mantendrán éstos sobre las poleas durante 24 horas como mínimo, para que puedan adquirir una posición estable. Entonces se procederá a la realización de los anclajes y luego se colocarán los conductores sobre las grapas de suspensión.

Si, una vez engrapado el conductor, se comprueba que la grapa no se ha puesto en el lugar correcto y que, por tanto, la flecha no es la que debía resultar, se volverá a engrapar y, si el conductor no se ha dañado, se cortará el trozo que la dirección técnica marque, ejecutándose los manguitos correspondientes.

En los puentes flojos deberán cuidar su distancia a masa y la verticalidad de los mismos, así como su homogeneidad. Para los empalmes que se ejecuten en los puentes flojos se utilizarán preformados.

En las operaciones de engrapado se cuidará especialmente la limpieza de su ejecución, empleándose herramientas no cortantes, para evitar morder los cables de aluminio.

Si hubiera alguna dificultad para encajar entre sí o con el apoyo algún elemento de los herrajes, éste no deberá ser forzado con el martillo y deberá ser cambiado por otro.

Al ejecutar el engrapado en las cadenas de suspensión, se tomarán las medidas necesarias para conseguir un aplomado perfecto. En el caso de que sea necesario correr la grapa sobre el conductor para conseguir el aplomado de las cadenas, este desplazamiento no se realizará a golpe de martillo u otra herramienta; se suspenderá el conductor, se dejará libre la grapa y ésta se correrá a mano hasta donde sea necesario. La suspensión del cable se realizará, o bien por medio de una grapa, o por cuerdas que no dañen el cable.

El apretado de los estribos se realizará de forma alternativa para conseguir una presión uniforme de la almohadilla sobre el conductor, sin forzarla, ni menos romperla.

El punto de apriete de la tuerca será el necesario para comprimir la arandela elástica.

1.3.7. Reposición del terreno

Lasa tierra sobrantes, así como los restos del hormigonado, deberán ser retiradas a vertedero, todo lo cual será cargo del contratista.

Todos los daños serán por cuenta del contratista, salvo aquellos aceptados por el director de obra.

1.3.8. Numeración de apoyos y avisos

Se numerarán los poyos con pintura negra, ajustándose dicha numeración a la dada por el director de obra. Las cifras serán legibles desde el suelo.

La placa de señalización de “Riesgo eléctrico” se colocará en el apoyo a una altura suficiente para que no se pueda retirar desde el suelo. Deberá cumplir las especificaciones señaladas en la recomendación UNESA 0203.

1.3.9. Puesta a tierra

El trabajo detallado en este apartado comprende la apertura y el cierre del foso y zanja para la hinca del electrodo (colocación del anillo), así como la conexión del electrodo, o anillo, al apoyo a través del macizo de hormigón.

Una vez finalizada la puesta a tierra, el contratista procederá a la medición de la tensión de contacto aplicada mediante un método por inyección de corriente en los apoyos, donde la determinación de ese valor sea exigida según se indica en el apartado 7.3.4.6 de la ITC-07 del RLAT.

La puesta a tierra se efectuará de dos tipo dependiendo del caso: electrodos de difusión y anillos cerrados.

1.3.9.1. Electrodo de difusión

Cada apoyo dispondrá del número de picas de puesta a tierra de acero cobredo de 14,6 mm de diámetro y 2 m de longitud como sean necesarios para que la resistencia de difusión no sea superior de 20Ω , los cuales se conectarán entre sí y al apoyo mediante un cable de cobre de 95 mm^2 . Como mínimo se instalarán dos picas conectadas a dos montantes diagonalmente opuestos del apoyo.

La cabeza de las picas, una vez hincadas, quedará como mínimo a 0,6m por debajo de la superficie del terreno. A esta profundidad irán también los cables de conexión entre los electrodos y el apoyo.

Las picas deben quedar aproximadamente a unos 80 cm del macizo de hormigón. Cuando sea necesaria más de una pica, la separación entre ellas será de una vez y media la longitud de una de ellas, no estando a más de 3 metros del macizo.

1.3.9.2. Anillo cerrado

La resistencia de difusión no será superior a 20 ohmios, para lo cual se dispondrá de tantas picas de puesta a tierra de acero cobredo de Ø 14,6 mm y 2 m de longitud como sean necesarios, con un mínimo de dos instaladas diametralmente opuestas.

El anillo de difusión estará realizado con cable de cobre de 95 mm². Igual naturaleza y sección tendrán los conductores de conexión al apoyo.

El anillo estará enterrado a 1 m. de profundidad y de forma que cada punto del mismo quede distanciados 1 m., como mínimo, de las aristas del macizo de cimentación.

1.4. Materiales

Los materiales empleados en la instalación serán entregados por el contratista siempre que no se especifique lo contrario en el pliego de condiciones.

No se podrán emplear materiales que no hayan sido aceptados previamente por el director de obra. No se aceptará en ningún caso el uso de Policloruro de Vinilo (PVC).

Se realizarán cuantos ensayos y análisis indique el director de obra, aunque no estén indicados en el pliego de condiciones.

1.4.1. Apoyos

Los apoyos a usar en la construcción de la línea serán metálicos de celosía, de la serie Gran Cóndor, fabricado por IMEDEXSA.

Se podrán utilizar apoyos realizados por otro fabricante, siendo sus características equivalentes y sus alturas y esfuerzos resistentes iguales, o en su defecto, de valor superior. En cualquier caso, toda modificación de los apoyos a instalar respecto a lo reflejado en el presente proyecto deberá consultarse con la dirección facultativa.

1.4.2. Herrajes

Serán del tipo indicado en el Proyecto. Los herrajes para las cadenas de suspensión y amarre cumplirán con las Normas UNE 21006, 207009 y UNE EN 61284. Los amortiguadores cumplirán con la Norma UNE EN 61897.

1.4.3. Aisladores

Los aisladores empleados en las cadenas de suspensión o amarre responderán a las especificaciones de las Normas CEI 120, CEI 815, UNE 21909, UNE-EN 61466-1-2, UNE 21009 y UNE 21128. En cualquier caso el tipo de aislador será el que figura en el proyecto.

1.4.4. Conductor y cable de tierra

Serán los que figuran en el Proyecto y deberán estar de acuerdo con las especificaciones de la Norma UNE 21018.

1.5. Recepción de la obra

Durante la obra y una vez finalizada la misma, el director de obra verificará que los trabajos realizados estén de acuerdo con las especificaciones de este pliego de condiciones general y de más pliegos de condiciones particulares.

Una vez finalizadas las instalaciones, el contratista deberá solicitar la oportuna recepción global de la obra.

El director de obra contestará por escrito al contratista, comunicando su conformidad a la instalación o condicionando su recepción a la modificación de los detalles que estime susceptibles de mejora.

1.5.1. Calidad de cimentaciones

El director de obra verificará que las dimensiones de las cimentaciones y las características mecánicas del terreno se ajustan a las establecidas en el proyecto.

Asimismo podrá encargar la ejecución de los ensayos de resistencia característica del hormigón utilizado en la cimentación tal y como lo establecen el Art. 86º de la EHE-08. El contratista tomará a su cargo las obras ejecutadas con hormigón que hayan resultado de insuficiente calidad.

1.5.2. Tolerancias de ejecución

1.5.2.1. Desplazamiento de apoyos sobre su alineación

Si D representa la distancia, expresada en metros, entre ejes de un apoyo y el de ángulo más próximo, la desviación en alineación de dicho apoyo y la alineación real, debe ser inferior a $(D/100) + 10$, expresada en centímetros.

1.5.2.2. Desplazamiento de un apoyo sobre el perfil longitudinal

No debe suponer aumento en la altura del apoyo. Las distancias de los conductores respecto al terreno deben permanecer como mínimo iguales a las previstas en el Proyecto Específico.

1.5.2.3. Verticalidad de los apoyos

En los apoyos de alineación se admitirá una tolerancia en la verticalidad del 0,2 % sobre la altura del mismo.

1.5.2.4. Altura de flechas

Los errores máximos admitidos en las flechas, cualquiera que sea la disposición de los conductores y el número de circuitos sobre el apoyo, en la regulación de conductores, serán:

- De +/-3% En el conductor que se regula.
- De +/-3% Entre los conductores situados en un plano vertical
- De +/-6% Entre los conductores situados en un plano horizontal

La medición de flechas se realizará según norma UNE 21 101.

Cuando se utilice conductor en haz dúplex se comprobará también que la diferencia entre las flechas de un haz de los dos subconductores no excederá del diámetro del conductor.

1.5.2.5. Estado y colocación de los aisladores y herrajes

Se comprobará que el montaje de cadenas de aisladores, crucetas aislantes y herrajes, son correctos y conforme a los planos de montaje.

No se admitirá una desviación horizontal de las cadenas de aisladores de suspensión superior al 1% de la longitud de la cadena ni un giro superior a 2° en las crucetas aislantes giratorias.

1.5.2.6. Distancias a masa

Se comprobará que las distancias fase-tierra son mayores que las mínimas establecidas en el apartado 5.4.2 de la ITC 07 del RLAT.

2. Condiciones ambientales y de seguridad y salud

2.1. Condiciones ambientales

La ejecución de los trabajos deberá cumplir los siguientes requisitos medioambientales.

2.1.1. Condiciones generales de trabajo

Se cumplirá con la normativa ambiental vigente para el ejercicio de la actividad, así como con los requisitos internos de las instalaciones de ENDESA distribución en lo referente a protección ambiental. Así mismo, en caso de existir, se cumplirán los requisitos ambientales establecidos en los Estudios de Impacto Ambiental, Declaraciones de Impacto Ambiental, Planes de Vigilancia Ambiental, o resoluciones emitidas por la Administración Ambiental.

2.1.2. Atmósfera

Para minimizar la dispersión de material por el viento, se adoptarán las siguientes medidas:

- Acopio y almacenamiento de materiales en lugares protegidos
- Reducción del área y tiempo de exposición de los materiales almacenados al máximo posible

- Humedecer los materiales expuestos al arrastre del viento y las vías no pavimentadas
- Priorizar el acondicionamiento de suelo desnudo
- La carga y transporte de materiales se realizará cubriendo las cajas de los vehículos y adaptando la velocidad del transporte al tipo de vía.

2.1.3. Residuos

Como primera medida se aplicará una política de NO GENERACIÓN DE RESIDUOS y su manejo incluirá los siguientes pasos: reducir, reutilizar y reciclar.

Conservar las zonas de obras limpias, higiénicas y sin acumulaciones de desechos o basuras, y depositar los residuos generados en los contenedores destinados y habilitados a tal fin.

La gestión y el transporte de los residuos se realizarán de acuerdo con la normativa específica para cada uno de ellos, según su tipología.

2.1.4. Conservación ambiental

Se acotarán las operaciones de desbroce y retirada de la cubierta vegetal a las necesidades de la obra.

Se acopiará y reservará la cubierta vegetal para su reposición una vez finalizada la obra.

Se utilizarán los accesos existentes para el transporte de material, equipo y maquinaria que se emplee durante la ejecución de la obra.

2.1.5. Finalización de la obra y restauración ambiental

Retirada de los materiales sobrantes, estructuras temporales y equipos empleados durante la ejecución de la obra, restaurando las zonas que hayan sido compactadas o alteradas.

2.2. Condiciones de seguridad y salud

Serán de aplicación todas las normas y reglamentación legal sobre Prevención de Riesgos Laborales referidas a su última edición.

Será de obligatorio cumplimiento el Estudio de Seguridad y Salud o, en su defecto, el Estudio Básico de Seguridad y Salud, cuando las condiciones permitan éste último.

El Contratista estará obligado a elaborar y hacer cumplir el Plan de Seguridad de la ejecución de la obra acorde con la normativa vigente según RD 1627/97 y todas las actualizaciones que le afectan.

Se adoptarán las medidas de protección necesarias para las personas que trabajen o transiten por la zona de obras.

Todas las grúas que se utilicen dispondrán de limitadores de carga.

Como primera medida a tomar, se procurará ejecutar las obras con orden y limpieza, y se mantendrán en buen estado los accesos.

DOCUMENTO IV: PRESUPUESTO

1. OBRA CIVIL

Este apartado consta de la excavación en cualquier terreno y hormigonado de las cimentaciones de las torres, incluido la retirada de tierra al vertedero.

Denominación	Medición	Precio (ud.)	Total
m ³ excavación en cualquier terreno	308,33	138,36 €	42.660,54 €
m ³ Hormigonado	308,33	163,47 €	50.402,71 €
TOTAL			93.063,24 €

2. APOYOS

Se incluyen suministro, acopio, armado, izado, puesta a tierra y placa de señalización.

Denominación	Unidades	Precio (ud.)	Total
CO-3000-30-N4C	1	8.604,15 €	8.604,15 €
CO-5000-30-N4C	69	10.433,05 €	719.880,45 €
CO-7000-30-N4C	1	20.257,75 €	20.257,75 €
CO-12000-30-N4C	8	22.950,07 €	183.600,56 €
CO-18000-30-N4C	8	23.257,75 €	186.062,00 €
TOTAL			1.118.404,91 €

3. CADENAS DE AISLAMIENTO

Se incluye suministro, acopio y montaje.

Denominación	Unidades	Precio (ud.)	Total
Cadena de amarre para conductor	108	984,13 €	106.286,04 €
Cadena de suspensión para conductor	414	535,00 €	221.490,00 €
Cadena de amarre para cable de guarda	18	218,45 €	3.932,10 €
Cadena de suspensión para cable de guarda	69	115,10 €	7.941,90 €
TOTAL			339.650,04 €

4. CABLE DE FASE Y DE TIERRA

Se incluye suministro, tendido, regulado y engrapado de conductores.

Denominación	Unidades	Precio (€/m)	Total
Cable de fase LA-280 Hawk x6	80970 m	15,32	1.240.460,40 €
Cable de guarda OPG248	13495 m	6,72	90.686,40 €
TOTAL			1.331.146,80 €

5. PRESUPUESTO GENERAL

• OBRA CIVIL.....	93.063,24 €
• APOYOS.....	1.118.404,91 €
• CADENAS DE AISLAMIENTO.....	339.650,04 €
• CABLE DE FASE Y DE TIERRA.....	1.331.146,80 €

Nos queda un total de: **2.882.264,99 €**

DOCUMENTO V: BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- Reglamento de Líneas de Alta Tensión, Madrid: Paraninfo, 2011.
- Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña.
Disponible en: <http://www.icc.cat/vissir3/>
- Catálogo de apoyos IMEDEXSA. Disponible en: [Catálogo IMEDEXSA](#)
- Catálogo de conductores eléctricos SOLIDAL y QUINTAS & QUINTAS.
Disponible en: [Catálogo conductores](#)
- Catálogo de aisladores La Granja. Disponible en: [Catálogo aisladores](#)
- Catálogo de cables de guarda, Grupo Cabelte. Disponible en: [Catálogo cable guarda](#)